

ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ  
ХАРЬКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЇ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Матеріали

XVIII регіональної наукової студентської конференції

(11 - 12 квітня 2018 року)

ХАРКІВ

НТУ «ХПІ»  
2018

ББК 22.3

А 43

УДК 53.02

Організаційний комітет:

**А.П. Марченко**, д.т.н., проф., проректор НТУ «ХПІ» (голова);  
**Р.П. Мигущенко**, д.т.н., доц., проректор НТУ «ХПІ»(заступник голови);  
**Л.П. Тижненко**, зав. відділом НТІ і ПЛР НТУ «ХПІ»(заступник голови);  
**В.М. Конкін**, к.т.н., директор навчально-наукового інституту ІФ НТУ «ХПІ»  
**О.В. Семенов**, д.ф.-м.н., доц., зав. кафедри фізики НТУ«ХПІ».

Програмний комітет:

**О.В. Семенов**, зав. каф. фізики, доц. (голова);  
**І.В. Синельник**, проф. (зас. голови, керівник секції інформаційного забезпечення навчального процесу та фізичних досліджень);  
**О.М. Андрєєв**, доц. (керівник науково-дослідної секції);  
**Т.М. Шелест**, доц. (керівник інженерної секції);  
**Г.І. Копач**, доц. (керівник навчально-методичної секції);  
**С.Д. Гапченко**, доц. (керівник секції з історії фізики);  
**О.М. Андрєєва**, доц. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХПІ», протокол № 3 від 30.03.2018р.

А43

**Актуальні** проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення: матеріали XVIII регіон. наук. студ. конф. (11-12 квітня 2018 року) / оргкомітет: А.П. Марченко (голова) [та ін.]. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018-150 с.

ISSN 2415-8046

У збірнику розглядаються питання, пов'язані з актуальними проблемами фізики у минулому, сучасному та майбутньому.

## ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФОТОНОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО..... 14

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. П.Б. Кюппер

Рук. проф. Ю.И. Зайцев

### ОКРЕМІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОГО МОНІТОРИНГУ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ SDR..... 17

Харківський гідрометеорологічний технікум Одеського державного

екологічного університету

Ст.: М.М. Задорожня, С.А. Сухоруков

Кер.: О.А. Печеневська, О.Ю. Різниченко

### АРХИМЕДОВЫ МОСТЫ..... 19

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина<sup>1</sup>

Национальный технический университет «ХПИ»<sup>2</sup>

Ст.: Д. Долгополова<sup>1</sup>, С. Пироженко<sup>1</sup>, А. Папуца<sup>1</sup>, К. Прудкая<sup>1</sup>, С. Филатов<sup>1</sup>,

И. Нагорняк<sup>2</sup>, Б. Кузьменко<sup>2</sup>, А. Ярошенко<sup>2</sup>

Рук.: доц. А.Р. Казачков<sup>1</sup>, проф. Е.С. Сыркин<sup>2</sup>, доц. Р.С. Томашевский<sup>2</sup>

### ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ ..... 22

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: А. Ярошенко, В. Денищенко.

Рук.: доц. А.Н. Андреев, доц. О.Н. Андреева

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ..... 30

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. В.А. Балалаев

Рук. доц. А.В. Семенов

### ВИДАТНІ ВЧЕНІ НТУ «ХПІ»: М.І. МЕДВЕДЄВ — ОДИН ІЗ ФУНДАТОРІВ УКРАЇНСЬКОГО ТРАКТОРБУДУВАННЯ ..... 33

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст. Г. Нанаєнко.

Кер. доц. С.Д. Гапаченко

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА СЕКЦІЯ

### ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ НАГРУЗОК НА ВОЛЬФРАМ С РАЗЛИЧНОЙ ТЕКСТУРОЙ..... 35

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Д.Ю. Бессмертный

Рук.: проф. С.В. Малыхин, м.н.с. С.В. Суровицкий

### СРАВНЕНИЕ МЕТОДА ТРАССИРОВКИ С КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В N-ТОЧЕЧНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ЛИНЗЕ ..... 37

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

Ст. Л.А. Котвицкая

Рук. доц. А.Т. Котвицкий

### ЗАСТОСУВАННЯ РЕНТГЕНОФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАЛИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЙОДУ В БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ..... 38

Національний технічний університет "ХПІ"

Ст. М.Р. Настіченко

Кер. доц. М.В. Решетняк

### ВИВЧЕННЯ ЯВИЩА ФОТОІНДУКОВАНИХ АВТОКОЛИВАНЬ У ПРИПОВЕРХНЕВОМУ КОНВЕКТИВНОМУ ПОТОЦІ РІДИНИ ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЕННЯ ..... 41

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Ст. А.С. Колісник

Кер.: ст.викл. В.І. Лимар, С.Л. Колісник

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИДЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ..... 43

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Ст. К.А. Збаражский

Рук. доц. С.М. Мешков

**ФИЛЬТРАЦИЯ ЗОН НЕОДНОРОДНОСТИ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ  
СПОСОБНОСТИ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В  
ТЕПЛОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ..... 46**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст.: А.С. Федоров, А.Ю. Литвиненко  
Рук. асс. А.В. Мякий*

**ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ТЕПЛОЙ  
ДЕФЕКТОСКОПИИ ОБЪЕКТОВ С НЕОДНОРОДНОЙ  
РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ..... 49**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст.: А.О. Круглова, М.О. Волокита  
Рук. асс. А.В. Мякий*

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИДЕОПЛАТ .... 52**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст.: Д.В. Саенко, А.В. Катков  
Рук. доц. Р.П. Орёл*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО  
ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА..... 54**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст. Т.И. Павленко  
Рук. доц. Р.П. Орёл*

**СПОНТАННЫЕ ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ  
ПЛЕНКАХ AgCl-Ag..... 56**

*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина  
Ст. Чечеленко О.В.  
Рук.: доц. Савченко Е. М., ст.пр. Лымарь В.И.*

**ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВАРИАЦИЙ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ..... 57**

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина  
Ст. Е. А. Русанова  
Рук. проф. О. В. Лазоренко*

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНЫЙ ДИЛАТОМЕТР ДЛЯ  
ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ НИКЕЛЯ ..... 59**

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина  
Ст. С. О. Филатов  
Рук. доц. О. В. Ванькевич*

**ВПЛИВ ХЛОРИДНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЗОРИСТЬ БАЗОВИХ  
ШАРІВ CdTe ДЛЯ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ..... 61**

*Національний технічний університет «ХПІ»  
Ст. О.В. Суддя  
Рук.: асп. А.І. Доброжан, доц. Г.І. Копаць, н.с. М.М. Харченко*

**ПРОСВЕТЛЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ..... 63**

*Национальный технический университет «ХПИ»  
\*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина  
Ст. Е.А. Грибов  
Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, доц. А.П. Овчаренко\**

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТАМАТЕРІАЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ  
ЕЛЕКТРИЧНО-КЕРОВАНОГО СМУГОВОГО ФІЛЬТРУ  
ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ..... 64**

*Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна<sup>1</sup>  
Національний технічний університет «ХПІ»<sup>2</sup>  
Ст. О.В. Бурлаєнко<sup>1</sup>  
Кер. ст. викл. О.Б. Алмазова<sup>2</sup>*

## ІНЖЕНЕРНА СЕКЦІЯ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ОТ ТРЕНИЯ В МАКЕТЕ ПРОКАТНОГО СТАНА..... 68

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Г.А. Луценко

Рук.: доц. В.О. Котляров, ст. пр. С.С. Кривонос

### ФЕРОМАГНИТНАЯ ЖИДКОСТЬ ..... 69

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Д.В. Шулежко

Рук. доц. И.В. Галуцак

### ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ..... 72

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. С. Широков

Рук.: доц. Т.И. Храмова, ст. пр. С.С. Кривонос

### ПРОМЫШЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

### ТЕМПЕРАТУРЫ..... 74

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. А.И. Красникова

Рук. доц. Т.И. Храмова

### ГЕОМАГНІТНЕ ПОЛЕ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЖИВІ

### ОРГАНІЗМИ ..... 75

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. П. Циганок

Кер.: доц. О.М. Андреева, доц. О.М. Андреев

### ФИЗИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОФЕ ..... 77

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. И. Глоба

Рук. ст. пр. К.А. Минакова

### СУДА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯ ..... 80

Национальный технический университет «ХПИ»

Кур.: С. Архипов, В. Завирюха, А. Коваль

Рук.: ст. пр. К.А. Минакова, ст. пр. Ю.И. Веретенников

### ВЛИЯНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ВСЕЛЕННОЙ И ЖИЗНИ ..... 84

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. А. Ляш

Рук. доц. В.А. Лыках

### МИРАЖИ ..... 86

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: Е.Ю. Дудникова, В.В. Духно

Рук.: ст. пр. С.С. Кривонос, доц. Т.И. Храмова

### ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ВОЛЬТА..... 87

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: В.О. Везенко, О.М. Коваль, О.Ю. Савицкий

Рук. доц. Т.Н. Шелест

### ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ТЕЛО КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ..... 89

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Е.А. Колесниченко

Рук. доц. Ю.В. Меньшов

### ФИЗИКА В СПОРТЕ ..... 90

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Ю.В. Лукьяненко

Рук.: доц. Т.И. Храмова, ст. пр. С.С. Кривонос

### КАТУШКА ТЕСЛА НА ОДНОМУ ТРАНЗИСТОРЕ АБО

### КАЧЕР БРОВІНА..... 91

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. О. Горбенко

Кер. доц. С.Д. Гапченко

### НЕМНОГО О ГАРМОНИИ ЦВЕТА ..... 93

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: В. Баева, В. Стародубов

Рук.: ст. пр. К.А. Минакова, доц. Р.В. Зайцев

## НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА СЕКЦІЯ

### ЕЩЕ РАЗ О «КАРТЕЗИАНСКОМ ВОДОЛАЗЕ» ..... 98

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина  
Ст.: Д. Долгополова, А. Папуця, А. Федоренко  
Рук. доц. А.Р. Казачков

### ОРГАННЫЙ КОНЦЕРТ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ ..... 101

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина<sup>1</sup>,  
Национальный технический университет «ХПИ»<sup>2</sup>  
Ст.: Д. Долгополова<sup>1</sup>, К. Прудкая<sup>1</sup>, А. Папуця<sup>1</sup>, К. Сергеева<sup>1</sup>, С. Пироженов<sup>1</sup>,  
Я. Астахова<sup>1</sup>, С. Филатов<sup>1</sup>, К. Лапитан<sup>1</sup>; И. Нагорняк<sup>2</sup>, Н. Майстренко<sup>2</sup>,  
В. Коваленко<sup>2</sup>, Б. Кузьменко<sup>2</sup>  
Рук.: доц. А.Р. Казачков<sup>1</sup>, проф. Е.С. Сыркин<sup>2</sup>, доц. А.П. Поспелов<sup>1</sup>,  
доц. А.Е. Пиротти<sup>1</sup>

### МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ЗАКОНІВ ТА ЯВИЩ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ ..... 104

Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна  
Ст. А.С. Колісник  
Кер.: ст.викл. В. І. Лимар, С.Л. Колісник

### ДЕМОНСТРАЦИЯ ТОКОВ ФУКО..... 105

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст.: П.И. Дегтярь, Д.М. Майборода  
Рук.: доц. И.В. Галушак, доц. Ю.В. Меньшов

### УСТРОЙСТВО ДАТЧИКА БРОВИНА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ДЕМОНСТРАЦИЙ ..... 106

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. С.В. Гайваронский  
Рук.: доц. А.Н. Андреев, доц. О.Н. Андреева

### ПРОВОЛОЧНЫЙ МОТОР..... 108

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст.: В.Р. Шаповалов, Е.А. Ковкин  
Рук.: доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривонос

### МАЯТНИК АЙРИ СВОИМИ РУКАМИ И МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ЗАПИСИ ВЗАИМНОПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ..... 109

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. В.И. Алексеев  
Рук.: доц. Н.Б. Фатьянова, доц. А.Я. Дульфан

## СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### ВІРТУАЛЬНІ ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З ФІЗИКИ НА ПЛАТФОРМІ UNITY ..... 112

Національний технічний університет «ХПІ»  
Ст.: Д.О. Зибенков, О.С. Анан'єв, М.К. Силін  
Кер. проф. О.П. Сук

### ДО ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИМІРЮВАННЯ ОКРЕМИХ ПАРАМЕТРІВ СУЧАСНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ ..... 114

Харківський національний університет радіоелектроніки<sup>1</sup>,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба<sup>2</sup>  
Ст.: Є.Ю. Мельник<sup>1</sup>, В.В. Небрат<sup>1</sup>  
Кер. доц. Д.С. Сидоренко<sup>2</sup>

### ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛЯННОЙ ПЛАСТИНКИ ..... 118

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. В.В. Дементьева  
Рук.: доц. А.Н. Андреев, доц. О.Н. Андреева

### ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДАТЧИКОВ В МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ..... 122

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. В.А. Черненко  
Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. А.В. Синельник

### ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА: ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ..... 123

Національний технічний університет «ХПІ»  
Ст. І.С. Рудаков  
Кер.: доц. І.В. Синельник, ас. Ю.С. Овчаренко

### ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ.... 125

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. И.В. Лелет  
Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. С.М. Колубаева

## СЕКЦІЯ ІСТОРІЇ ФІЗИКИ

### МИКОЛА ДМИТРОВИЧ ПИЛЬЧИКОВ – ВИДАТНИЙ ВЧЕНИЙ, ВИНАХІДНИК ПРИСТРОЮ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОЇ

ТЕЛЕГРАФІЇ ..... 127

Національний технічний університет «ХПІ»<sup>1</sup>  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна<sup>2</sup>  
Ст.: Є.О. Рибалкіна<sup>1</sup>, В.В. Бондарев<sup>1</sup>  
Кер.: проф. В.П. Пойда<sup>2</sup>, доц. Г.І. Копач<sup>1</sup>,  
ст. викл. О.Б. Алмазова<sup>1</sup>

### ЮРІЙ КОНДРАТЮК – ГЕНІАЛЬНИЙ ВИНАХІДНИК І ТЕОРЕТИК КОСМОСУ ..... 131

Національний технічний університет «ХПІ»  
Ст. О. Горбенко  
Кер.: доц. С.Д. Гапченко, доц. С.С. Каченко

### ПРИЗРАК ПЕППЕРА: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБМАН И СОВРЕМЕННАЯ ИЛЛЮЗИЯ ..... 133

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст.: М. Воронцова, И. Калашник  
Рук. ст.пр. К.А. Минакова

### УГРОЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КРИЗИСА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ ..... 136

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. В.В. Лайкович  
Рук. доц. Л.Г. Петренко

### СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ..... 138

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. Л.А. Суховой  
Рук. доц. Л.Г. Петренко

### СЕРОВОДОРОД – РЕКОРДНО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СВЕРХПРОВОДНИК ..... 140

Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. И.Н. Цюман  
Рук.: доц. Л.Г. Петренко, доц. В.И. Белозерцева

### ПОЧЕМУ У ПОЕЗДА КОЛЁСНЫЕ ПАРИ? ..... 142

Харьковский национальный аграрный университет им В.В. Докучаева  
Ст. Д. Махро  
Рук. проф. С.С. Авотин

### ГУСЕНИЧНЫЙ ХОД ..... 145

Харьковский национальный аграрный университети им В.В. Докучаева  
Ст. И. Илличова  
Рук. проф. С.С. Авотин

### ЛІС І РАДІОКТИВНІ ВИКИДИ ..... 147

Харьковский национальный аграрный университет им В.В. Докучаева  
Ст. Ю. Малярова  
Рук. проф. С.С. Авотин

## ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ



## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФОТОНОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

**Ст. П.Б. Кюппер**

**Рук. проф. Ю.И. Зайцев**

### **Актуальность темы исследования.**

В настоящее время метод Монте-Карло является основным методом решения разнообразных физических задач, когда вероятностная оценка этих явлений позволяет смоделировать особенности процесса на основе результатов натурного или численного эксперимента. Моделирование распространения фотонов с помощью метода Монте-Карло - это гибкий и точный подход к имитации поведения фотонов.

### **Состояние изучения проблемы.**

Моделирование распространения фотонов используется при проектировании ядерных реакторов, решении задач биомедицинской томографии и во многих других областях от квантовой физики до физики твёрдого тела, физики плазмы и астрофизики.

К настоящему времени метод Монте-Карло является мощным инструментом при исследовании большого количества задач: физических, экономических, инженерных и др. Он завоевал такую популярность в первую очередь благодаря своей простоте и приспособленности к решению разнообразных задач.

Метод Монте-Карло позволяет в принципе моделировать любой процесс на протекание, которого влияют случайные величины (факторы). А так же для многих задач, не связанных со случайностями, можно искусственно придумать вероятностную модель, позволяющую решать задачу.

### **Предмет исследования.**

Процесс рассеяния гамма-кванта на электроны (Эффект Комптона).

**Целью работы** является разработка математических моделей

и численных алгоритмов исследования процесса рассеяния гамма-кванта на электро́не.

#### **Задачи работы.**

Разработка математической модели рассеяния фотонов, разработка математических моделей, численных алгоритмов и реализация разработанных алгоритмов.

#### **Новизна работы.**

Разработаны численные алгоритмы, реализующие процесс моделирования переноса излучения на основе метода Монте-Карло.

Метод Монте-Карло - это метод статистических испытаний и, поэтому, требуется значительное время вычислений для достижения необходимой точности. Кроме того, моделирование по методу Монте-Карло позволяет учитывать несколько физических величин одновременно с любым пространственным и временным разрешением. Эта гибкость делает метод Монте-Карло мощным инструментом. Таким образом, методы Монте-Карло требуют много времени для вычислений, но обычно считаются стандартом моделирования поведения фотонов.

Суть решения физических задач методом Монте-Карло заключается в следующем:

- Физическому явлению или описывающим его уравнениям сопоставляется имитирующий вероятностный процесс.
- Величинам, являющимся решением задачи, сопоставляются математические ожидания случайных величин вероятностного процесса.
- На основе специального алгоритма псевдослучайных чисел производится расчет реализаций случайных величин имитирующего процесса и решение (вместе со стандартной погрешностью) находится в виде средних значений, соответствующих математическим ожиданиям.

Для модуляции процесса рассеяния гамма-кванта на электро́не используется разложение Батлера. Дифференциальное сечение данного процесса описывается формулой Клейна-Нишины.

#### **Выводы.**

Анализ зарубежных и отечественных научно-технических источников показал, что перспективы метода Монте-Карло поистине

безграничны для моделирования физических процессов в условиях недостатка информации о природе физического явления.

Основным недостатком аналитических моделей является то, что они неизбежно требуют каких-то допущений, в частности, о «марковости» процесса.

Приемлемость этих допущений далеко не всегда может быть оценена без контрольных расчетов, а производятся они методом Монте-Карло. Образно говоря, метод Монте-Карло в задачах исследования операций играет роль своеобразного ОТК. Статистические модели не требуют серьезных допущений и упрощений. В принципе, в статистическую модель «лезет» что угодно — любые законы распределения, любая сложность системы, множественность ее состояний. Главный же недостаток статистических моделей — их громоздкость и трудоемкость. Огромное число реализации, необходимое для нахождения искомых параметров с приемлемой точностью, требует большого расхода машинного времени. Кроме того, результаты статистического моделирования гораздо труднее осмыслить, чем расчеты по аналитическим моделям, и соответственно труднее оптимизировать решение (его приходится «нащупывать» вслепую).

Метод Монте-Карло является универсальным методом решения большого числа математических и научно-практических задач и подразумевает генерацию массивов псевдослучайных чисел  $\gamma$ , равномерно распределенных в интервале от 0 до 1, с последующим изменением закона их распределения, причем новый закон должен описывать моделируемое физическое явление.

#### **Литература:**

1. Андреев В. В. / Метод Монте-Карло в физике элементарных частиц. - Учебная программа спецкурса, Гомель 2005. — 74 с.
2. Соболев И.М. /Метод Монте-Карло // Популярные лекции по математике. – М.: Наука, 1968. – Вып. 46. – 64 с.
3. Савельев И.В. / Курс общей физики. – Т. III: Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. – 537 с.
4. Ф.С. Рухин. Основы технологии имитационного моделирования - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 760 с.
5. И.М. Гоболь / Метод Монте-Карло», Москва «Наука», 2010. – 461с.



## ОКРЕМІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОГО МОНІТОРИНГУ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ SDR

*Харківський гідрометеорологічний технікум  
Одеського державного екологічного університету  
Ст.: М.М. Задорожня, С.А. Сухоруков  
Кер.: О.А. Печеневська, О.Ю. Різниченко*

Радіочастотний ресурс (РЧР) є стратегічним ресурсом держави. Підвищення ефективності його використання спрямоване на впровадження у державі нових та поширення застосування наявних радіотехнологій, забезпечення населення новітніми, досконалішими видами та послугами зв'язку.

Останнє базується, з одного боку, на удосконаленні розподілу наявного радіочастотного ресурсу між радіотехнологіями, видами й системами зв'язку та підвищенні якості частотоприсвоєнь, з іншого – на контролі дотримання існуючими користувачами порядку і правил його використання, умов наданих ліцензій і дозволів на експлуатацію радіоелектронних засобів (РЕЗ) і випромінювальних пристроїв (ВП).

Порушення встановлених правил користування і умов наданих дозвільних документів часто призводить до появи шкідливих або неприпустимих завад іншим РЕЗ, погіршення якості послуг зв'язку, навіть до переривання сеансів зв'язку. Тому забезпечення ефективного функціонування сфери телекомунікацій на початку тисячоліття потребувало підвищення ефективності регулювання використання радіочастотного ресурсу, зокрема завдяки впровадженню ефективного інструментарію контролю стану його використання.

Для майбутніх фахівців у галузі радіозв'язку, радіомовлення та телебачення важливим є вміння вимірювати основні параметри вузлів радіопередавальних та радіоприймальних систем.

Тому розробка експериментальної установки для радіомоніторингу є актуальним завданням у межах удосконалення освітнього процесу у Харківському гідрометеорологічному технікумі Одеського державного екологічного університету.

У якості технології аналізу радіочастотного діапазону була використана технологія SDR.

Зовнішня антенна система перетворює електромагнітні хвилі на електричні сигнали високої частоти.

Приймач здійснює первинну обробку сигналів на тлі шумів. Остаточну обробку, – що включає пошук сигналу, його нормалізацію та представлення у зручній графічній формі інформації, – здійснює ПЕОМ із заздалегідь встановленим спеціальним програмним забезпеченням.

У залежності від програмного забезпечення за допомогою експериментальної установки можна досліджувати властивості різноманітних сигналів у діапазоні до 2 ГГц.

Наведемо приклад аналізу частотного діапазону випромінювання, що створюється базовими станціями стільникового зв'язку.

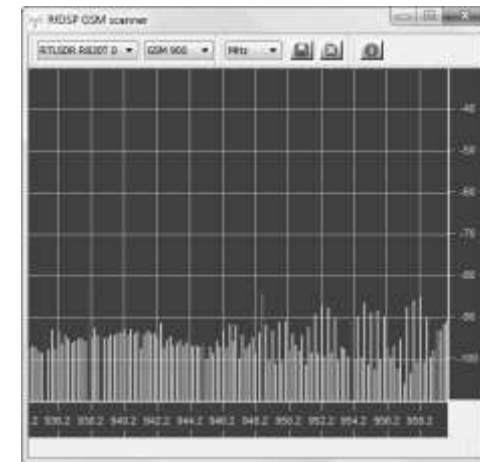


Рис.1 – Аналіз випромінювання, що створюється базовими станціями стільникового зв'язку

### Список літератури:

1. Гнатчук М.М. Пристрої приймання та обробки сигналів. Конспект лекцій з дисципліни “Методи приймання та обробки сигналів” для студентів базового напрямку 6.0907 “Радіотехніка”. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007. – 164 с.

## АРХИМЕДОВЫ МОСТЫ

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина<sup>1</sup>

Национальный технический университет «ХПИ»<sup>2</sup>

Ст.: Д. Долгополова<sup>1</sup>, С. Пироженов<sup>1</sup>, А. Папуца<sup>1</sup>,  
К. Прудкая<sup>1</sup>, С. Филатов<sup>1</sup>, И. Нагорняк<sup>2</sup>, Б. Кузьменко<sup>2</sup>,  
А. Ярошенко<sup>2</sup>

Рук.: доц. А.Р. Казачков<sup>1</sup>, проф. Е.С. Сыркин<sup>2</sup>,  
доц. Р.С. Томашевский<sup>2</sup>

В богатейшем научно-техническом наследии гения античности Архимеда особняком стоит открытое им правило рычага. Не даром, сформулировав его, Архимед не ограничился эмоциональным, но не конкретным «Эврика!» (нашел!), а высказался более определенно и амбициозно: «Дайте мне точку опоры – и я переверну Землю».



Рис. 1. Дайте мне точку опоры – и я переверну Землю...

Будучи одним из наиболее распространенных *простейших механизмов* (simple machines), рычаги широчайшим образом используются как непосредственно, так и в составе более сложных устройств. При выполнении работы они, как правило, позволяют получить выигрыш в силе (за счет проигрыша в перемещении).

В статике грамотное применение правила рычага дает возможность надежно уравновесить тела, существенно отличающиеся по весу. Типичная ситуация такого рода приведена в сборнике задач В.Н.Ланге ([1], задача 38). Чтобы перейти на противоположные берега ручья, ребенок и взрослый используют доски одинаковой длины, но короче расстояния между берегами, строя конструкцию, в которой они сами поочередно являются противовесами (Рис.2). Возможность

такого решения и ограничения на него обеспечиваются правилом рычага Архимеда.

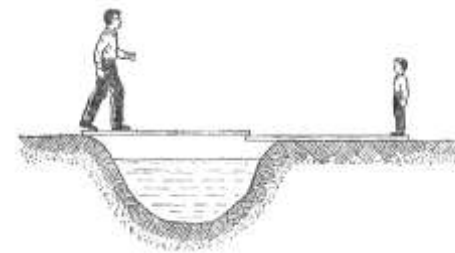


Рис. 2. Переход через ручей с помощью досок короче его ширины [1].

Нами были детально исследованы аналогичные мостовые системы из досок одинаковой длины  $L$ , без использования дополнительных противовесов. Простейшая конструкция приведена на верхней части Рис.3. Правило рычага позволяет найти максимальную ширину ямы, перекрываемой таким мостом:  $4/3L$ . При наличии еще двух досок этот результат не сложно улучшить, используя их в качестве противовесов. Схема на нижнем Рис.3. увеличивает возможную ширину ямы до  $10/7L$ , а наиболее рациональное расположение противовесных досок дает результат  $12/7L$ . Однако подобные мосты не годятся для переходов и могут использоваться разве что в «практических шутках» или в качестве охотничьих ловушек.

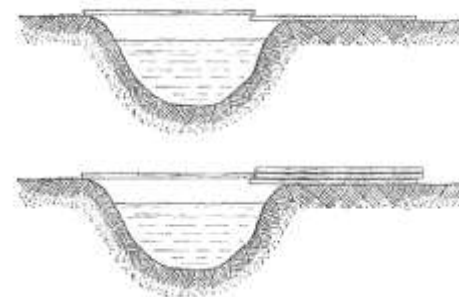


Рис. 3. Простейшие мосты из двух и четырех одинаковых досок.

Между тем, из четырех досок можно построить надежнейшие

мосты, не использующие гвоздей и другого крепежа. Схема такого «моста Архимеда», основанного на правиле рычага, приведена на Рис.4.

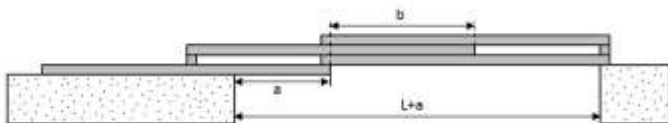


Рис. 4. Мост Архимеда из 4 досок и компенсаторов их толщины.

Перераспределение веса верхних досок и дополнительной нагрузки (пешеходы на мосту) осуществляется здесь таким образом, что мост остается в равновесии в широком диапазоне величин  $a$  и  $b$ . Было показано, что максимальная ширина такого не нагруженного моста равна  $L+a=L(1+0.348)$ , а нагруженного (в пренебрежении весом досок)  $4/3 L$ . Играющая ключевую роль в перераспределении веса третья снизу доска может быть выдвинута в диапазоне, указанном на графике (Рис.5).

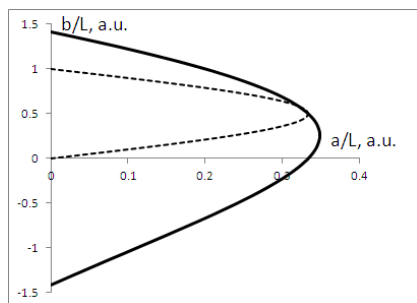


Рис. 5. Диапазоны параметров, при которых мосты Архимеда устойчивы (сплошная линия для не нагруженного, пунктир для нагруженного).

Расчеты проекта сопровождалось строительными экспериментами, находившимися в прекрасном соответствии. Перераспределение веса нагрузки между досками будет измерено с помощью тензодатчиков.

1. В.Н.Ланге. Экспериментальные физические задачи на смекалку. М. Наука, 1974, 96 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

Ст.: А. Ярошенко, В. Денищенко.

Рук.: доц. А.Н. Андреев, доц. О.Н. Андреева

Из всего многообразия микроконтроллерных устройств, представленных в настоящее время на рынке, выделяется программно-аппаратная платформа Arduino [1], основными преимуществами которой являются: простота освоения, «открытость», кроссплатформенность, цена и минимальные требования к наличию дополнительных элементов. Кроме того для данной платформы существует огромное количество недорогих датчиков [2, 3]: влажности, температуры, давления, приближения, магнитного поля, освещенности, тока, акселерометры, гироскопы и различных дополнительных модулей: Bluetooth, Wi-Fi, Ethernet и радио модули, цифро-аналоговые (ЦАП) и аналогово-цифровые (АЦП) преобразователи с большим разрешением, LCD и TFT экраны, лазерные и ультразвуковые модули, шаговые двигатели и сервоприводы, а так же модули для управления мощной нагрузкой на основе реле и МОП транзисторов.

Arduino — это плата, содержащая микроконтроллер, интерфейсы ввода-вывода информации и преобразователи сигналов. Программирование микроконтроллера осуществляется через интерфейс USB в среде разработки Arduino IDE с использованием языка Processing, похожего по синтаксису на C++ или C#. Существует множество версий Arduino — Mega, Uno, Leonardo, Nano, Pro Mini, Micro, Duemilanove, Diecimila, Due [2, 4].

В данной работе обсуждаются возможности платформ Arduino Uno, Nano и Pro Mini с микроконтроллером ATmega 328P и их использования для создания различных лабораторных установок по физике. Платы Arduino содержат 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых поддерживают широтно-импульсную модуляцию (ШИМ), 6 (UNO) или 8 (Nano, Pro Mini) аналоговых входов, максимальная тактовая частота микроконтроллера 16 МГц, 32 Кбайт флеш-памяти команд и 2 Кбайт SRAM-памяти данных. Подключение к компьютеру осуществляется с помощью шины USB напрямую для плат UNO и Nano, а

для Pro Mini – необходимо использовать USB-UART преобразователь. Отличительной особенностью Nano и Pro Mini является возможность их непосредственного монтажа в беспаячную макетную плату – breadboard.

В работе представлены возможности использования Arduino для конкретных физических задач, а именно определения коэффициента пульсации искусственных источников света и градуировки терморезистора.

#### Определение коэффициента пульсаций источников света.

Одним из качественных показателей искусственных источников света является коэффициент пульсаций освещенности. Он представляет собой относительную глубину колебаний освещенности в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током [5]:

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2\langle E \rangle} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$  – максимальное и минимальное значение освещенности за время измерения  $t_0$ ;  $\langle E \rangle$  – среднее значение освещенности  $E(t)$ :

$$\langle E \rangle = \frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} E(t) dt. \quad (2)$$

Поскольку пульсации светового потока оказывают негативное воздействие на работоспособность и здоровье человека, то санитарные нормы и правила (СНИП) регламентируют требования к источникам света в различных жилых помещениях [6]. Для измерения коэффициента пульсации применяется дорогостоящие специальные приборы: радиометры или пульсометры-люксметры. Также пульсацию света можно определить с помощью фотокамеры или осциллографом, к которому подключен фотоприемник.

Для определения коэффициента пульсации и освещенности различных искусственных источников света в работе была разработан прибор, схема которого представлена на рис.1. Ток фотодиода, работающего в фотогальваническом режиме, усиливается и преобразуется в напряжение с помощью операционного усилителя, с выхода которого сигнал поступает на аналоговый вход Arduino и используется для определения коэффициента пульсации светового источника. Одно-

временно, данные об освещенности в видимом и инфракрасном (ИК) свете с цифрового датчика TSL - 2561 поступают на Arduino, используя протокол обмена I<sup>2</sup>C (TWI). При включении прибора на TFT экране выводится информация (режим измерений): освещенность в люксах, отношение освещенности в видимом свете к освещенности в ИК диапазоне, частота оцифровки сигнала фотодиода, коэффициент пульсации, максимальное и минимальное значение сигнала фотодиода. Управление осуществляется с помощью инкрементального энкодера заменяющего собой три кнопки. Вращая энкодер можно изменять частоту дискретизации сигнала фотодиода в пределах от 10 Гц до 8,9 кГц и число реализаций от 1 до 100 в статистическом ансамбле, по которым усредняется коэффициент пульсаций (усреднение по множеству).

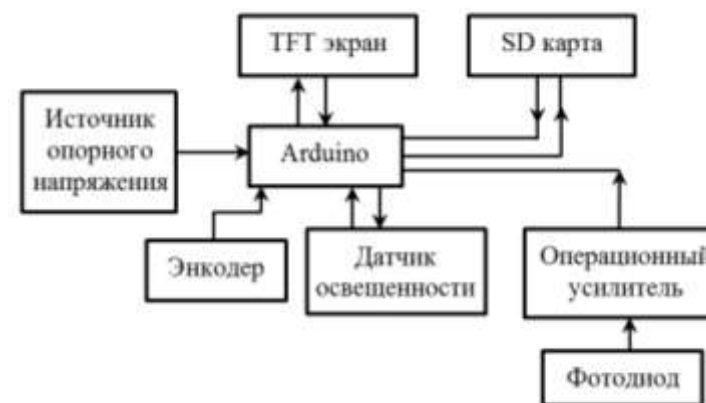


Рис. 1. Функциональная схема прибора для определения некоторых характеристик искусственных источников света.

Выбор изменяемой величины осуществляется длительным (более 2 секунд) нажатием на энкодер. Короткое нажатие на кнопку энкодера переключает режим вывода информации на экран. Первый режим вывода - режим измерений, описанный выше и второй – вывод сигнала фотодиода (осциллограмма). Для более точной оцифровки аналогового сигнала на вход AREF Arduino подается эталонное напряжение от перестраиваемого источника опорного напряжения, реализованного на микросхеме TL431. Так же к Arduino подключен

модуль с SD картой памяти, позволяющей сохранять значения освещенности и сигнала фотодиода в текстовый файл (для дальнейшего анализа на компьютере). TFT экран и карта памяти «общаются» с Arduino по последовательному периферийному интерфейсу (SPI).

В таблице 1 представлены коэффициенты пульсации различных искусственных источников света, определенные с помощью разработанного прибора –  $K_p$  и измеренные фотодиодом, подключенным к осциллографу –  $K_{p(фл)}$ . При определении  $K_{p(фл)}$  расчет среднего значения выполнялся по упрощенной формуле:  $\langle E \rangle = \frac{E_{\max} + E_{\min}}{2}$ , справедливой для сигналов близких по форме к гармоническим.

Таблица 1.

Коэффициенты пульсации различных источников искусственного света.

Источник-лампа	накаливания	дневного света	люминисцентная (SM)	светодиодная
$K_p$ , %	8	34	19	10
$K_{p(фл)}$ , %	9	36	25	9

Из табл. 1 видно, что значения коэффициентов пульсации, измеренные различными способами, для большинства представленных источников света совпадают. Отличие  $K_p$  и  $K_{p(фл)}$  для люминесцентной лампы, возможно, вызвано присутствием в сигнале высокочастотных составляющих и существенным отличием формы сигнала от гармонической.

#### Градуировка терморезистора с помощью элемента Пельтье.

Терморезисторы представляют собой полупроводниковые приборы, электросопротивление которых сильно зависит от температуры. Они находят широкое применение в схемах термостабилизации электрических параметров схемы, в пусковых реле и реле времени, в системах измерения и контроля мощности, системах теплового контроля и пожарной сигнализации.

Чтобы использовать терморезистор в качестве аналогового термометра необходимо выполнить его градуировку. В работе были проведены исследования терморезистора с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (NTC). Зависимость его со-

противления  $R$  от температуры  $T$  определяется уравнением Стейнхарта – Харта [7]:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln R + C \ln^3 R, \quad (3)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – коэффициенты, зависящие от параметров терморезистора и диапазона температур, в котором это уравнение даёт достаточную для практического применения точность.

Для экспериментального определения коэффициентов, входящих в уравнение (3) была разработана установка, функциональная схема которой приведена на рис. 2. Для изменения температуры терморезистора используется элемент Пельтье (TEC1-12706), который закреплен с помощью термоклея на алюминиевый радиатор с вентилятором. Питание элемента Пельтье осуществлялось от мощного блока питания на 12 В. На верхнюю сторону элемента Пельтье термоклеем приклеены исследуемый терморезистор и цифровой термометр (DS18B20), который измерял температуру терморезистора, и отправлял её значение на Arduino по однопроводному интерфейсу (1-Wire). Управление элементом Пельтье осуществлялось с помощью полевого (MOSFET) транзистора IRFZ44N на затвор которого подается управляющее напряжение с ЦАП MCP 4725. Напряжение на выходе ЦАП регулируется платой Arduino, используя последовательный протокол обмена данными (I<sup>2</sup>C).

Один вывод терморезистора подключен к общему проводу (земле), а второй через сопротивление 10 кОм к напряжению питания (+5 В). Напряжение с терморезистора поступает на аналоговый вход Arduino и далее выполнялся расчет сопротивления.

На жидкокристаллический экран (LCD1602) выводится информация: температура, сопротивление терморезистора, и управляющее напряжение на выходе ЦАП. Экран подключен к плате Arduino через I<sup>2</sup>C модуль, что позволяет «экономить» порты ввода-вывода микроконтроллера. Управление установкой происходит с помощью трех тактовых кнопок, две из которых, подключены к выводам аппаратного прерывания Arduino. Эти кнопки увеличивают или уменьшают напряжение на затворе полевого транзистора с шагом 25 мВ и, соответственно, изменяют температуру терморезистора. Третьей кнопкой запускается автоматический режим измерений. Arduino устанавливает напряжение на выходе ЦАП с шагом 50 мВ и через 60 с вы-

полняет измерение температуры и сопротивления терморезистора, полученные значения записываются на карту памяти.



Рис. 2. Функциональная схема установки.

При подаче напряжения на элемент Пельтье его нижняя сторона, приклеенная к радиатору, начинает нагреваться, а верхняя – охлаждаться. При этом температура и сопротивление терморезистора изменяются (рис. 3). Примерно через 40 с после начала охлаждения температура терморезистора становится постоянной.

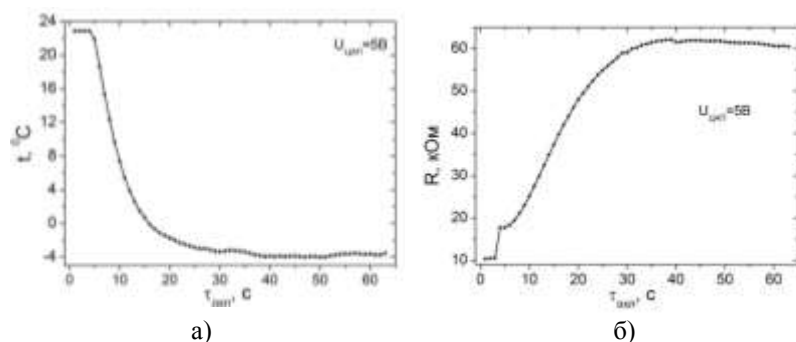


Рис. 3 Зависимость температуры (а) и сопротивления (б) терморезистора от времени охлаждения элемента Пельтье.

Численное значение температуры терморезистора зависит от комнатной температуры и управляющего напряжения  $U_{цп}$  на выходе ЦАП (рис. 4 а). Из рис. 4а) видно, что если полевой транзистор открыт, то температура не зависит от  $U_{цп}$ . Более эффективный отвод тепла от горячей стороны элемента Пельтье позволит получить более низкие температуры.

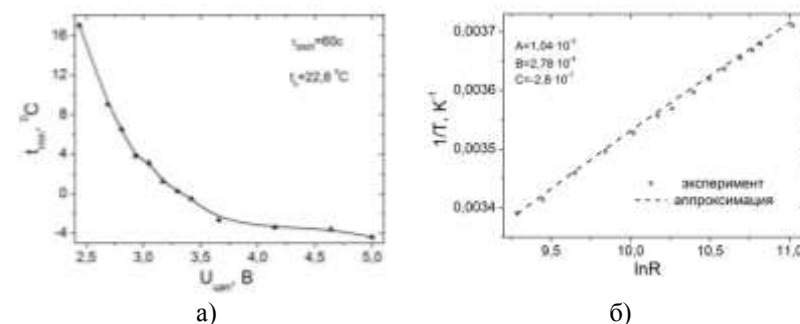


Рис.4. а) Зависимость температуры элемента Пельтье от управляющего напряжения  $U_{цп}$ ; б) Зависимость  $T^{-1} = f(\ln R)$ .

Для определения численных значений коэффициентов, входящих в уравнение Стейнхарта – Харта, в работе измерялось сопротивление терморезистора в диапазоне температур  $-4^{\circ}\text{C}$  до  $+22^{\circ}\text{C}$ . Далее, по полученным данным, строился график зависимости  $T^{-1} = f(\ln R)$ , и выполнялась линейная аппроксимация экспериментальных данных с помощью программы Statistica 6.0 (рис. 4 б). Полученные численные значения коэффициентов А, В, С позволяют определить температуру терморезистора, зная его сопротивление.

Также в работе для проверки качества градуировки терморезистора было выполнено сравнение значений температур элемента Пельтье, измеренных цифровым термометром, и терморезистором. В результате было установлено, что в интервале температур  $-4$  до  $+32^{\circ}\text{C}$  отличие в показаниях не превышает  $0,7^{\circ}\text{C}$ , что доказывает корректность выполненной градуировки.

Таким образом, в работе:

- освоена программная и аппаратная работа с платами Arduino: Uno, Nano, Pro Mini;

- освоены взаимодействия микроконтроллера с различными датчиками и устройствами по I<sup>2</sup>C, SPI и I-Wire шине;
- разработан прибор на базе Arduino Nano, и программное обеспечение для определения освещенности и коэффициента пульсации различных источников искусственного освещения;
- на базе Arduino Uno изготовлена лабораторная установка, позволяющая исследовать зависимость сопротивления терморезистора от температуры и выполнить его градуировку.

*Литература:*

1. Интернет источник – режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products/>
2. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург 2014. — 400 с.
3. Иго Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств: Пер. с англ. — 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 544 с.
4. Интернет ресурс: режим доступа: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/>
5. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Знак. — 972 с.
6. СНиП 1. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.
7. John S. Steinhart, Stanley R. Hart, Calibration curves for thermistors // Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts V. 15, №4, 1968, P. 497—503:

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

**Ст. В.А. Балалаев**

**Рук. доц. А.В. Семенов**

Солнечная энергия является наиболее перспективным источником электрической энергии на Земле. Использование всего лишь 0,0125 % количества энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0,5% - полностью покрыть потребности на перспективу. Хотя история развития солнечной энергетики насчитывает не более 60 лет, открытия, которые привели ученых к солнечному элементу, начались более 200 лет назад. Эти открытия свойств света и электрической проводимости лежат в основе современных фотоконверторов.

Основными вехами этой длинной истории являются: 1839 г. – открытие французом Э. Беккерелем фотовольтаического эффекта, в результате которого поглощенный свет преобразовывался в электрическое напряжение; в 1873-1876 гг., англичане У. Смит, а затем У. Г. Адамс и Р. Э. Дэй открыли фотопроводимость Se и показали, что солнечный свет является альтернативным источником электрической энергии; в 1883 г., американец Ч. Фриттс создал первый солнечный элемент на Se с нанесенной тонкой пленкой из Au с КПД -2% ; 1887 г. – открытие немцем Г. Герцем фотоэлектрического эффекта, механизм которого лежит в основе современных солнечных элементов; 1953-1956 гг. – открытие сотрудниками Bell Laboratories кремния (Si), как более эффективного преобразователя, чем селен и начало коммерческого производства солнечных элементов компанией Western Electric; 1958 г. – первое использование солнечной батареи в космосе на американском спутнике Vanguard 1, который пролетал вокруг Земли более 50 лет; В 1970е годы, впервые произошло снижение стоимости солнечной энергии с 100 до 20 дол/ватт благодаря исследованиям компании Eххон Corporation. А в 1982 г. запущена первая солнечная электростанция мощностью 1 МВт в Калифорнии. В 1991 г изобретена швейцарцем М. Гретцелем и др. ячеистая структура солнечной батареи

из дешёвых материалов [1]. Ячейки имеют простую структуру, состоят из двух электродов и иодсодержащего электролита. Один электрод состоит из высокопористого насыщенного красителем диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ). Другой электрод – просто прозрачная электропроводящая подложка.

В 1995 г. Т. Фалуди впервые сконструировал и запатентовал сборную солнечную панель с интегрированными солнечными элементами; в 1994-1999 гг. в компании National Renewable Energy Laboratory разработаны солнечные элементы на основе InGaP и AsGa и достигнута эффективность 32%. В 2009 г. произошло открытие фотоконверсионных свойств и использование для солнечных элементов дешевых перовскитов на основе  $\text{CaCO}_3$ ;

В 2015 г. запущено производство тонких, гибких, как лист бумаги, солнечных элементов на ячейках Гретцеля с эффективностью 20%. Из недавних достижений в области солнечной энергетики следует отметить работу австралийских (ANU) и английских (UC Berkeley) ученых, в которой был разработан мета наноматериал, в котором происходит фотоконверсия свечения полупроводника, вызванным его нагреванием, т.е. без солнечного света [2]. Этот материал удачно дополняет термоэлектрические механизмы генерации электроэнергии.

В 2018г. активно разрабатывают солнечные элементы на перовскитах на основе арсенида галлия, медно-индий-галлий селенового состава, титана кальция,  $\text{CsPb}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Pb}_3$ . Самый прорывной результат на перовските на основе олова был недавно получен учеными из Гронингенского университета (Нидерланды), которым удалось увеличить КПД до рекордных 66% [3]. Такой результат достигнут за счет увеличения времени жизни «горячих электронов», что не даёт быстро им рассеяться в тепло и поэтому обеспечивает использования всей полученной энергии.[3]. В обычных же условиях КПД на перовските был на основе арсенида галлия около 25%, полученным китайской компанией Hanergy. Можно полагать, что разработки солнечных элементов на ячейках перовскитов являются наиболее перспективным направлением в солнечной энергетике. Фольга из перовскита имеет толщину всего три микрометра. Неудивительно, что материал демонстрирует феноменальный показатель энергоотдачи: 23 ватта на грамм. Наилучшим образом он подойдет для изготовления сдвоенных фотоэлементов, в которых перовскитовые ячейки расположены поверх

кремниевых или их аналогов. Технология получения солнечной энергии не показывает никаких признаков замедления. Доля энергии, получаемой от Солнца, с каждым годом неуклонно растет. В прошлом году глобальный рынок солнечной энергетики увеличился на 26%. По прогнозам, в 2018-ом впервые будет пройдена отметка в 500 гигаватт новых установленных мощностей в год во всем мире. В лидерах по-прежнему остаются крупные страны (Китай, США, Индия), но их доля в глобальном масштабе будет сокращаться. Порог 1 гигаватт устанавливаемых ежегодно солнечных мощностей перешагнут Бразилия, Египет, Мексика, Нидерланды и Испания.

В Украине, в декабре 2017 года началось строительство солнечной электростанции с перспективой в 99 МВт в Чернобыльской зоне отчуждения на площади 10 000 км<sup>2</sup> на которой будут установлены 3762 солнечных модуля.

За альтернативной энергетикой наше будущее. Она непременно станет важнейшим энергетическим ресурсом. А также благодаря ей мы сохраним чистый воздух, чистую воду и чистую планету.

#### Литература:

1. Brian O'Regan & Michael Graetzel, *Nature*, 353 (24), 737—740 (24 October 1991).
2. S. S. Kruk', Zi. J. Wong', E. Pshenay-Severin, K. O'Brien, D. N. Neshev, Y. S. Kivshar, X. Zhang, Magnetic hyperbolic optical metamaterials *Nature Communications*, v. 7, N 11329 (2016)
3. H.-H. Fang, Сю Adjokatse, S. Shao, J. Even, M. A. Loi, Long-lived hot-carrier light emission and large blue shift in formamidinium tin triiodide perovskites *IO*, *Nature Communications*, v 9, Article number: 243 (2018)



**ВИДАТНІ ВЧЕНІ НТУ «ХП»: М.І. МЕДВЕДЄВ —  
ОДИН ІЗ ФУНДАТОРІВ УКРАЇНСЬКОГО  
ТРАКТОРОБУДУВАННЯ**

*Національний технічний університет «ХПИ»*

**Ст. Г. Нанаснко.**

**Кер. доц. С.Д. Гапаченко**

Михайло Іванович Медведєв — видатний вчений у галузі тракторобудування, академік, доктор технічних наук. Він народився у 1893 р. у сім'ї селян у селі Деремня Чернігівської губернії. У 1915 р. закінчив Саратовське середнє технічне училище і вступив до Харківського технологічного інституту (ХТІ). Брав участь у Першій світовій війні, потім працював у різних промислових структурах. У 1923 р. відновив навчання у Харківському технологічному інституті. Після закінчення інституту у 1926 р. почав працювати на кафедрі машинобудування ХТІ. До 1930 р. роботу на кафедрі суміщував із практичною роботою на Харківському паровозобудівному заводі імені Комінтерна (нині завод ім. Малишева). Керував кафедрою тракторобудування ХТІ з моменту її створення — 01.01.1930 р. — до 1962 р. Після повернення з евакуації у 1944 р. продовжив працювати завідувачем кафедри тракторобудування і активно співпрацювати з конструкторським бюро ХТЗ. У 1958 р. захистив докторську дисертацію. У 1961 р. був обраний академіком Всесоюзної Академії сільськогосподарських наук. Праці М.І. Медведєва були значним внеском у розробку теорії трактора і побудову конструкцій тракторів. Він є засновником вітчизняної наукової школи по дослідженню і розробці тракторів. Ним було опубліковано більше ніж 200 наукових праць. До найбільш значимих фундаментальних робіт проф. Медведєва відносяться монографії «Гусеничне зачеплення трактора», «Конструювання трактора», «Теорія гусеничних систем», «Альбом по гусеничним системам». Він є автором одного з перших підручників «Теорія трактора». Створена ним наукова школа продовжує його справу: розвиває теорію колісних та гусеничних тракторів, проводить дослідження та розробку нових конструкцій тракторів. Ім'я проф. М.І.Медведєва нерозривно пов'язане із становленням і розвитком таких промислових гігантів України як ХТЗ і завод ім. Малишева і навіки вписане в історію вітчизняного тракторобудування.

**НАУКОВО - ДОСЛІДНА  
СЕКЦІЯ**



## ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ НАГРУЗОК НА ВОЛЬФРАМ С РАЗЛИЧНОЙ ТЕКСТУРОЙ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.Ю. Бессмертный*

*Рук.: проф. С.В. Малыхин, м.н.с. С.В. Суровицкий*

Во время работы токамака Интернациональный термоядерный экспериментальный реактор (ИТЭР) первая стенка и элементы дивертора будут подвергаться корпускулярно-тепловым нагрузкам в стационарном режиме улучшенного удержания плазмы и в условиях переходных нестационарных событий [1].

В данной работе излагаются результаты исследования структурного и напряженного состояния вольфрамовых образцов с разной текстурой в условиях комбинированных водородных плазменных нагрузок, ожидаемых в ИТЭР.

В качестве образцов использовали вольфрамовые мишени с размерами  $12 \times 15 \times 0,8$  мм<sup>3</sup> из поликристаллического вольфрама производства австрийской компании «Plansee» с чистотой 99,999% об. Комбинированное плазменное облучение создавалось с помощью квазистационарного плазменного ускорителя КСПУ X-50 и источника ионов FALCON. Основные параметры потоков плазмы КСПУ X-50: энергия ионов - 0.4 кэВ, максимальное давление плазмы - 0.32 МПа, диаметр потока - 18 см. Энергетическая нагрузка на поверхность составила 0.45 МДж/м<sup>2</sup>, что соответствует Edge Localized Modes (ELMs) в ИТЭР. Форма плазменного импульса близка к треугольной, длительность импульса составляет 0.25 мс. Источник ионов FALCON создает водородный ионный пучок диаметром 3 мм и средней энергией ионов 2 кэВ. Образцы подвергаются воздействию относительно больших потоков частиц ( $10^{22}$  м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>) и тепла (1.7 МВт/м<sup>2</sup>), что позволяет достигать флюенса  $10^{26}$  м<sup>-2</sup> и выше. Во время облучения температура образцов возрастает от комнатной до 890 С.

Анализ поверхностей проводился с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) JEOL JSM-840. Шероховатость поверхностей измерялась профилометром Hommelwerke tester

T500. Параметры структуры, субструктуры и напряженное состояние поверхности исследовалось с помощью рентгеновской дифрактометрии (XRD) [2-3]. Съемки проводились по схеме 9-29 сканирования на дифрактометре типа ДРОН, используя монохроматическое  $K_{\alpha}$  излучение медного анода.

В образце с текстурой [100] под действием стационарного облучения наблюдается отжиг начальных сжимающих остаточных напряжений. Уменьшается количество линейных и точечных дефектов, также, как и комплексов точечных дефектов. Последующие переходные нагрузки формируют растягивающие остаточные напряжения, повышают количество линейных дефектов и избыток комплексов межузельных атомов. Финальные стационарные нагрузки приводят к релаксации остаточных напряжений.

В образце с текстурой [110] под действием стационарного облучения происходит отжиг начальных сжимающих остаточных напряжений. Уменьшается количество линейных дефектов и комплексов точечных дефектов. Переходные нагрузки формируют в образце растягивающие остаточные напряжения, повышается количество линейных дефектов и наблюдается избыток числа вакансионных комплексов. Финальные стационарные нагрузки приводят к релаксации остаточных напряжений. Для вольфрамовых образцов с разными осями текстуры определен флюенс частиц для FALCON, необходимый для полной релаксации сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое. Показано, что начальная структура вольфрама может быть усовершенствована стационарным облучением с незначительными отличиями для образцов с разными осями текстуры. При импульсных плазменных нагрузках развиваются трещины и наблюдается эрозия материала поверхности, обусловленная распылением.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки технологии получения вольфрама для элементов дивертора, чтобы существенно повысить их срок службы.

[1]. Ch. Linsmeier, B. Unterberg, J.W. Coenen, R.P. Doerner, H. Greuner, et al. Material testing facilities and programs for plasma-facing component testing. Nucl. Fusion 57 (2017) 092012 (34pp); [2]. V.A. Makhraj, I.E. Garkusha, S.V. Malykhin, A.T. Pugachov, et al. Residual stresses in tungsten under exposures with ITER ELM-like plasma loads. Phys. Scr. 2009, v.T138, p.014060; [3]. V.A. Makhraj, I.E. Garkusha, N.N.Aksenov, A.A. Chuvilo, et al. Dust generation mechanisms under powerful plasma impacts to the tungsten surfaces in ITER ELM simulation experiments. Journal of Nuclear Materials, Vol. 438. (2013) P. S233-S236.

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДА ТРАССИРОВКИ С КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В N-ТОЧЕЧНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ЛИНЗЕ

Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина  
**Ст. Л.А. Котвицкая**  
**Рук. доц. А.Т. Котвицкий**

Для построения изображений в произвольных гравитационных линзах, а также в  $N$ -точечных гравитационных линзах, обычно применяется метод трассировки [1], который состоит из нескольких этапов. Первый этап заключается в том что в плоскости гравитационной линзы из интуитивных соображений выбирается некоторая область, которая разбивается на  $m \times n$  точек. Затем каждый узел получившейся сетки с помощью системы линзовых уравнений отображается в плоскость источника. Таким образом, после первого этапа мы имеем таблицу в которой каждой точке из плоскости линзы однозначно соответствует точка из плоскости источника. На втором этапе в плоскости источника моделируется круговой источник из точек лежащих на окружностях равномерно распределенных внутри источника. Третий этап. Для каждой точки источника с помощью таблицы (из первого этапа) находятся ее прообразы, которые и являются точками изображения.

Данный метод имеет ряд недостатков. В частности, нельзя быть уверенным в том, что в выбранной области содержатся все корни линзовой системы уравнений. Вторым существенным недостатком является то, что нельзя гарантировать что были найдены все решения, даже если они принадлежат данной области.

Квазианалитический метод [2], предлагаемый нами, лишен обоих этих недостатков.

### Литература:

1. Schneider P., Ehlers J., Falco E.E. Gravitational lenses. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999 P. 560.
2. Kotvytskiy A.T., Bronza S.D. Quasi-analytical method for images construction from gravitational lenses // Odessa Astronomical Publications, vol. 29 (2016), P.31-33.

## ЗАСТОСУВАННЯ РЕНТГЕНОФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАЛИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЙОДУ В БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"  
**Ст. М.Р. Настіченко**  
**Кер. доц. М.В. Решетняк**

В даний час серед інструментальних методів масового контролю елементного складу твердих матеріалів металургійного виробництва на особливу увагу заслуговує не руйнівний, експресний, автоматизований рентгеноспектральний флуоресцентний аналіз (РФА) із застосуванням багатоканальних рентгенофлуоресцентних спектрометрів (РФС). Тривалість одночасного аналізу однієї проби на всі обумовлені елементи зазвичай не перевищує 1-2 хвилин, що забезпечує продуктивність РФА до тисячі елементовизначень в зміну.

РФА універсальний: можна визначати майже всі елементи, крім початку періодичної системи. Нижня межа діапазону визначених елементів залежить від типу використовуваного детектора м'якого рентгівівського випромінювання (МРВ). Так, спектрометри з газовими пропорційними (ГП) і твердими сцинтиляційними лічильниками забезпечили можливість визначення елементів від натрію до урану в межах від 0,001% до 100% за масою.

Об'єкт дослідження – біологічні матеріали, отримані в Інституті охорони здоров'я дітей та підлітків Національної академії медичних наук України (ГУ "ІОЗДП НАМН").

Мета роботи - модифікація алгоритму методу повнопрофільного аналізу спектрів рентгівівської флуоресценції для поліпшення визначення слідів хімічних елементів.

Методика дослідження - експериментальні спектри отримали за допомогою кристал-дифракційного спектрометра Спрут. Комп'ютерна обробка проводилася за допомогою програми «New\_Profile» версія 3.4. Для оформлення графіків і розрахунку коефіцієнтів поліномів використали програму Origin версія 8.5. Для написання програм користувалися програмою Delphi.

При використанні повнопрофільного аналізу спектрів рентге-

нівської флуоресценції з'являється можливість досить точно визначати інтенсивності спектральних ліній, навіть у разі їх накладення. Це, в свою чергу, дозволяє більш точно визначити концентрації хімічних елементів, що входять до складу даного матеріалу. Однак великі труднощі викликає ситуація, коли концентрації аналізованих елементів гранично малі. У цьому випадку, виникає необхідність визначення інтенсивності слабких ліній на фоні інших, в тисячі разів більш сильних. Це є надто складним для звичайного повнопрофільного аналізу. Таким чином, метою даної роботи було модифікація методики та алгоритму методу повнопрофільного аналізу спектрів рентгенівської флуоресценції для поліпшення визначення слідів хімічних елементів, в першу чергу для визначення хімічного складу біологічних матеріалів.

Для вивчення можливостей РФА і розробки нових методик зйомки і обробки найбільш зручними об'єктами є зразки з відомим вмістом хімічних елементів. Об'єктами досліджень служили однокомпонентні матеріали технічної чистоти. Друга група зразків представляла собою біологічні матеріали, отримані в Інституті охорони здоров'я дітей та підлітків Національної академії медичних наук України.

Схема вимірювань оптимізована за критерієм максимальної чутливості до виявлення йоду в зразках. Параметрами оптимізації служили: матеріал випромінювача, матеріал і товщина фільтра, напруга на рентгенівській трубці. Калібрувальні суміші отримані розведенням проби розчином з вмістом йоду 50, 100, 150 і 200 мкг/дм<sup>3</sup> (0,05; 0,1; 0,15; і 0,2 ppm, відповідно). Концентраційну чутливість і фон визначили за інтегральною інтенсивністю. Рентгенозйомка проводилася на енергодісперсійному спектрометрі «Спрут»-К (АТ «Укррентген», Харків).

Для створення теоретичних рентгенофлуоресцентних спектрів і проведення повнопрофільного аналізу експериментальних і модельних даних використовувалася програма New\_profile версії 3.4, розроблена на кафедрі фізики металів і напівпровідників НТУ ХПІ.

$$I(x)_I = \sum_{I=1}^n f_I(x - x_I) + fon(x) \quad (1)$$

где  $I(x)$  - інтенсивність в  $x$  точці спектра;  $f_I$  - функція описує лінійну;  $x_I$  - положення лінії.

$$\varepsilon = \frac{\sum_{I=1}^m (y_i - I(x_I))^2}{\sum_{I=1}^m (y_I)^2} * 100\% \quad (2)$$

де  $m$  - кількість точок в профілі;  $\varepsilon$  - невязка експериментальних і розрахункових даних;  $y_I$  - експериментальне значення інтенсивності.

Моделювання теоретичних спектрів здійснювалося шляхом написання спеціальних підпрограм на вбудованій мові програмування в програмах New\_profile і ModelXRF. Інформація про пікові інтенсивності спектральних ліній чистих елементів, та сплавів, бралася з реальних експериментальних даних, отриманих на спектрометрі СПРУТ в рентгенівській лабораторії НТУ «ХПІ».

Повнопрофільний аналіз здійснювався в напівавтоматичному режимі вбудованими засобами програми New\_profile - утилітами поділу складного профілю на складові. Використовувалася «поділ 3» (функції Коші і Гаусса) і «поділ 4» (функція Пірсона VII).

Для повнопрофільного аналізу, адаптованого для окремого випадку знаходження дуже слабких ліній на тлі сильних, використовувалася спеціалізована програма SPLIT\_LINES, написана на мові ObjectPascal в середовищі Delphi 7 в ході виконання даної роботи.

Використовуючи такі вимірювання, можна досить швидко отримати інформацію про концентрацію йоду в зразках. Підвищення точності вимірювань може бути досягнуто завдяки покращенню статистики розрахунків накопичення, наприклад, із збільшенням розрахунків накопичення випромінювання та оптимізованої рентгенівської оптики.

**Висновок.** Запропонований метод швидкої діагностики демонструє можливості підвищення чутливості рентгенофлуоресцентного аналізу. Використання поліпшеної обробки експериментальних даних в комплексі з удосконаленою рентгенооптичною схемою спектрометра, дозволяє підвищити чутливість рентгенофлуоресцентного визначення мікроелементів в біологічних об'єктах до  $0.05 \div 0.2$  ppm.

[1]. Решетняк М.В. Розробка методики повно профільного аналізу спектрів рентгенівської флуоресценції, канд.фіз.-мат наук, Суми, 2001.- 185 с.; [2]. Структурный анализ в физическом материаловедении : учеб.пособие / Л.И. Гладких, С.В. Малыхин, А.Т. Пугачев, М.В. Решетняк. - Х.: Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ»», 2014. - 384с. - На рус.яз.; [3]. Rapid diagnostics of urinary iodine using a portable EDXRF spectrometer / I. F. Mikhailov, A. A. Baturin, A. I. Mikhailov [et al.] // Journal of X-Ray Science and Technology. - 2017. - № 25. - 515-521.

## ВИВЧЕННЯ ЯВИЩА ФОТОІНДУКОВАНИХ АВТОКОЛИВАНЬ У ПРИПОВЕРХНЕВОМУ КОНВЕКТИВНОМУ ПОТОЦІ РІДИНИ ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Ст. А.С. Колісник

Кер.: ст. викл. В.І. Лимар, С.Л. Колісник

Основною метою даної роботи є з'ясування фізичного механізму фотоіндукованих автоколивань у приповерхневому конвективному потоці рідини під дією лазерного випромінення;

Завдання роботи: вивчити наявний масив джерел інформації стосовно даної теми; дослідити експериментально послідовність і взаємозв'язок фізичних процесів та подій, які спостерігаються при фотоіндукованих автоколиваннях у приповерхневому конвективному потоці рідини під дією лазерного випромінення; запропонувати просту і наглядну модель фізичного явища яке вивчається та його взаємозв'язок з явищем нестійкості поверхні рідини до збурення достатньо великого масштабу.

Проведені нами дослідження явища фотоіндукованих автоколивань у приповерхневому конвективному потоці рідини під дією лазерного випромінення та проведені розрахунки дали можливість реалізувати поставлені перед нами завдання та досягти поставленої мети.

Перспективність даної роботи вбачаю у подальшому дослідженні процесів самоорганізації в складних системах.

### Список використаних джерел:

- А. П. Сухоруков. Самофокусировка света. // Физическая энциклопедия. — Т. 4. — М.: БРЭ, 1994. — С. 415—417.  
Академічний тлумачний словник (1970—1980) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sum.in.ua>  
Ахманов С. А., Сухоруков А. П., Хохлов Р. В. «Самофокусировка и дифракция света в нелинейной оптике». «УФН», 1967.  
Божинова Ф. Я. Фізика. 7 клас [Текст]: Підручник / Ф. Я. Божинова, І. Ю. Ненашев, М. М. Кірюхін. – Х.: Видавництво «Ранок», 2007. – 192с.: іл.  
Бутиков «Оптика», М., «Высшая школа», 1986.

В. А. Алешкевич, Д. Ф. Киселев, В. В. Корчажкін «Лазеры в лекционном эксперименте» М., 1985.

В. Демтрёдер «Лазерная спектроскопия», М., «Наука», 1985.

Вікіпедія. Вільна енциклопедія – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org>

Д. Клайджер «Сверхчувствительная лазерная спектроскопия», М., «Мир», 1986.

Дмитрієва В.Ф. Фізика [Текст]: Навч. посіб. /Дмитрієва В.Ф.; – К.:Техніка, 2008.- 648с.:іл.

И. А. Недужий, А. Н. Алабовский «Техническая термодинамика и теплотопередача», Киев, 1981.

Калапуша Л. Р. Основы методики і техніки навчального фізичного експерименту : навчальний посібник / Л. Р. Калапуша, В. П. Муляр – Луцьк: Вежа, 2009. – 428 с.

Л. А. Агеев, В. К. Милославский, В. Б. Блоха, Х. И. Эльашахб «Учебные эксперименты и демонстрации по физике», Харьков, Институт Монокристаллов, 2000.

Л. В. Тарасов «Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения», М., «Радио и связь», 1981.

Майер В.В. Свет в оптически неоднородной среде [Текст]: учебные исследования. / Майер В.В.; – М.: Физматлит, 2007. – 232 с.

М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков «Теория волн», М., «Наука», 1990.

Методика навчання фізики в середній школі – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fizmet.org/L6.htm>

М. И. Рабинович, Д. И. Трубецков «Введение в теорию колебаний и волн», М. «Наука», 1984.

Одарчук К. М. Навчальний фізичний експеримент як основний вид діяльності при вивченні фізики / К. М. Чорний // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Випуск 89. – Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: ЧНПУ. – 2011. – С. 466-469.

П. Берже, И. Помо, К. Видаль «Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности», Череповец «Меркурий-ПРЕСС», 2000.

Фізика : підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закладів / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова та ін.]; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. — Х. : Вид-во «Ранок», 2015. — 268 с. : іл., фот.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИДЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*  
**Ст. К.А. Збаражский**  
**Рук. доц. С.М. Мешков**

По результатам многолетнего анализа поврежденных и демонтированных трансформаторов серии ТМ, применяемых в Украине было установлено наличие трех групп, отличающихся по механизмам явлений в изоляции:

1) Стабильное состояние, нормальные величины  $\text{tg}\phi$ , отсутствие временных и температурных изменений разрядной активности; 2) Агрегаты в возрасте более 20 лет, у которых фиксируется изменение состояния изоляции по  $\text{tg}\phi$ , возрастающие от времени, устойчивые ЧР в изоляции, наличие роста растворенных газов. Агрегаты имеют риск пробоя, однако это обстоятельство является прогнозируемым, и их можно вовремя демонтировать; 3) Группа риска. Для данной группы (~5% от общего числа) на фоне нормальных значений  $\text{tg}\phi$ , при резком росте и спаде температуры, возможных перенапряжениях реализуется лавино-образное развитие ведущее к термоионизационному пробое. Учитывая срок работы подавляющего числа трансформаторов в Украине группа риска растет быстрыми темпами. Это требует усовершенствование существующих и создание новых методик по раннему обнаружению дефектных агрегатов.

Современные тепловизоры имеют широкую возможность определения температурных параметров. Этими значения температур можно использовать для оценки технического состояния трансформаторов и контактных систем.

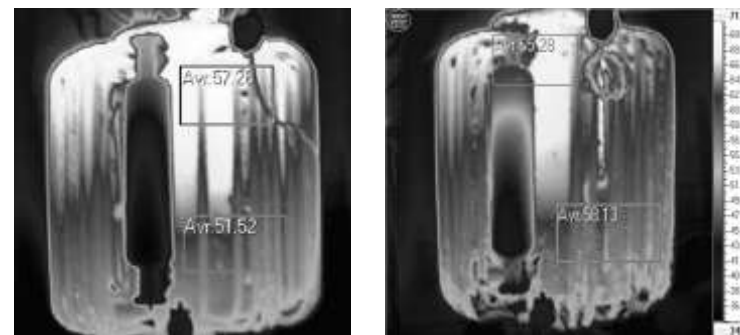
Тепловидение позволяет выделить следующие неисправности:

- возникновение магнитных полей рассеивания за счет нарушения изоляции магнитопровода (консоли, шпильки и т.п.);
- нарушения в работе систем охлаждения (маслонасосов, фильтров);
- изменения внутренней циркуляции масла в баке;

- нагревы внутренних контактов обмоток с выводами трансформатора;

- витковые замыкания в обмотках.

С помощью тепловизора IRTIS-200 было проведено исследование температурных полей силовых трансформаторов трансформаторов и их внутренних и наружных соединений.



Трансформатор №6

Трансформатор №8

Рис. 1 – Термограммы однотипных трансформаторов ТМ-1200

Диагностику трансформаторов производили по следующей методике. На термограммах были выделены две одинаковых по площади зоны в верхней и нижней частях агрегатов, на которых определялись средние температуры ( $T_{\text{ВЕРХ}}$ ,  $T_{\text{НИЖН}}$ ). Критерием дефектности был выбран показатель  $\Delta T = T_{\text{ВЕРХ}} - T_{\text{НИЖН}}$ . Критерий дефектности тр-ра №6 был выбран за эталонный. По указанной методике были обработаны термограммы 7 трансформаторов завода ферросплавов (г. Стаханов).

Согласно таблице можно сделать вывод, что трансформаторы №8, №9 необходимо более детально исследовать штатными методами (измерение величины  $\text{tg}\phi$  изоляции, хроматографии, анализа масла).

Важным показателем технического состояния энергетического оборудования являются коммутационные элементы энергетического оборудования [1]. Многолетние наблюдения показали, что электрические контакты непрерывно деградируют и требуют регулярной проверки и поэтому альтернативы тепловизионной диагностике нет. Были обследованы ряд контактных соединений, некоторые термограммы которых представлены на рис. 2.

Результаты анализа термограмм по критерию  $\Delta T$

№ трансформатора	$T_{\text{верх}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{нижн}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$
6	57,3	51,5	5,8
7	44,9	39,3	5,6
8	65,3	58,1	7,2
9	58,4	50,8	7,6
10	47,4	42,9	5,4
15	51,8	46,4	5,4

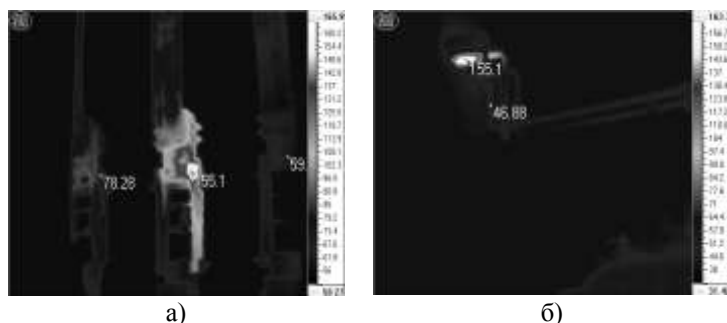


Рис. 2 – Термограммы коммутационных элементов: а) шинный разъединитель РВР 2000/10; б) шины низкого напряжения.

В результате анализа полученных термограмм коммутационных элементов обнаружен ряд объектов с избыточной температурой 10–30 °С, что согласно [2] указывает на развившиеся дефекты, при которых необходимо принимать меры по устранению неисправности при ближайшем выводе из работы.

Энергетическое оборудование содержит множество тепловыделяющих объектов. Температура дополняет ряд критериев работоспособности трансформаторов, что позволяет на ранних стадиях выявлять развитие дефектов, которые могут привести к крупным техногенным авариям. Многочисленные сведения об экономической эффективности приводятся только в зарубежных источниках. Тепловидение является важнейшим направлением в развитии энергетической системы Украины.

[1]. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. М.: Энергетик, 2000, 76 с.; [2]. РД 153-34.0-20.364-00. Метод ИК диагностики.

## ФИЛЬТРАЦИЯ ЗОН НЕОДНОРОДНОСТИ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ТЕПЛОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Ст.: А.С. Федоров, А.Ю. Литвиненко

Рук. асс. А.В. Мякий

Одним из наиболее эффективных методов выявления дефектов в трубах высокого давления или газопроводах является тепловой метод. Так как за счет рабочего вещества обладающего определенной теплотой на поверхности трубы образуется характерное температурное поле, которое и позволяет выявить дефекты вызванные коррозией и кавитацией, а так же снижение их проходимости за счет появления посторонних образований внутри трубы [1].

Но на достоверность такого метода серьезно влияют тепловые поля образованные неоднородностями на поверхности трубопровода, но их компенсация требует выделения их границ.

Для выделения на термограмме интересующей нас области производится нормализация видимого изображения с помощью двух реперных точек выделенных на термограмме и на видимом изображении. Нормализация необходима для получения более точного контура интересующей нас области на термограмме.

После этапа подготовки изображений выделяются реперные точки на видимом изображении внутри контура интересующего нас объекта. Этот этап производится и на термограмме. После этого происходит перенос контура с видимого изображения на термограмму (рис.1).

С помощью полученного контура интересующего объекта пользователь может проанализировать данный объект на наличие этих зон используя его температурные показатели.

В исследованиях были использованы метод медианной фильтрации и метод SUSAN[2].

Данная фильтрация подавила текстуру и упростила последующую обработку. Результат при зрительном анализе не произвел зна-

чительных изменений, однако необходимость этапа фильтрации будет понятна далее.

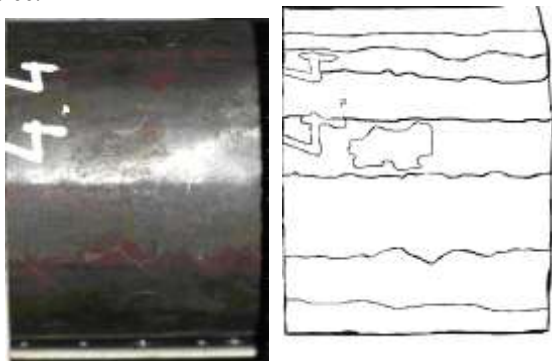


Рис.1-Фото объекта (а),Результат обработки изображения оператором Робертса после фильтрации (б)

Следующим шагом при подготовке видимого изображения является выделение контуров. Существует ряд методов позволяющих выделить контур на видимом изображении: метод активных контуров, оператор Робертса, оператор Лапласа, разностный метод. В разработанном программном продукте представлен метод Робертса и разностный метод. Перед обработкой изображения данными методами необходимо произвести предварительную фильтрацию методом SUSAN. Результат использования оператора Робертса на образце трубы. Перед началом работы алгоритма необходимо проводить фильтрацию, дабы уменьшить дискретизацию зон сглаженную фильтрацией, причем независимо от того каким методом будет осуществляться выделение контура.

На данном этапе алгоритма реализована функция наложения. Она позволяет совмещать отфильтрованное изображение с термограммой объекта. Результат работы этой функции представлен на (рис.2б)).

Описанный алгоритм позволяет производить обработку видимого изображения с дальнейшим сопоставления его с термограммой, что позволяет компенсировать помеху (рис.3).

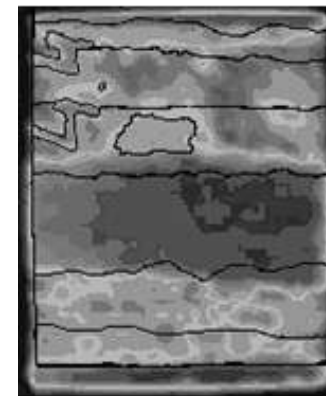


Рис.2. Начальная термограмма (а), наложение фильтра (б).

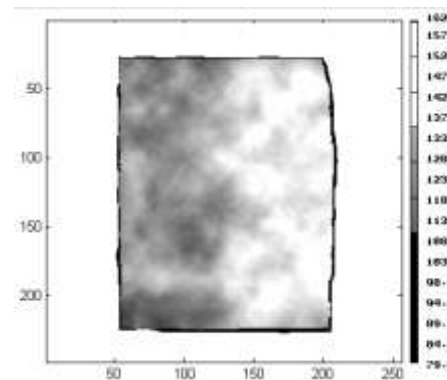


Рис.3- Наложение изображений термографического и отфильтрованного.

#### Литература:

1. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мякий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Харків: НТУ «ХПІ» – №48. – 2008. – С. 84-91
2. Горячевская Д.В., Шевченко М.А. Современные тепловизоры для теплового контроля качества. – Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення: тези доповідей XI регіон. студ. наук. конфер. / Харків: НТУ «ХПІ», 2011. С.82-83.
3. Optimization of the procedure of thermal flaw detection of the honeycomb constructions by improving the accuracy of interference function. / Volodymyr Storozhenko, Aleksandr Myagkiy, Roman Orel. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5/5 ( 83 ) 2016.



## ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ТЕПЛОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ОБЪЕКТОВ С НЕОДНОРОДНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Ст.: А.О. Круглова, М.О. Волокита

Рук. асс. А.В. Мякий

Сотовые конструкции являются одним из наиболее распространенных конструкционных материалов в авиации, космической технике и других отраслях, где к надежности комплектующих предъявляются повышенные требования.

Известно, что для выявления дефектов перспективно применение активного метода теплового контроля [1,2], который сочетает в себе высокую чувствительность к обнаружению подобных дефектов с высокой чувствительностью контроля

Однако реализовать потенциальные возможности этого метода на практике не удастся, в следствии, значительных помех, обусловленных неоднородностью излучательной способности поверхности сотовой структуры и помехи за счет проявления регулярной структуры образца.

Целью настоящих исследований являлся поиск путей подавления указанных помех за счет создания алгоритмов обработки термограмм полученных в результате проведения теплового неразрушающего контроля.

Для достижения цели использовался теоретико-экспериментальный подход, сочетающий в себе построение в себе построение и анализ теплофизической модели сотовой структуры и проведения эксперимента на реальных образцах с дефектами.

Одной из наиболее влияющих на изображение помехой, является помеха вызванной внутренней регулярной структурой образца контроля, так как не зависит от состояния (дефектности) образца и присутствует во всех изделиях вложной внутренней структуры (рис. 1).

Существует два наиболее простых и эффективных метода устранения этой помехи. Первый метод подразумевает точное знание регулярных неоднородностей объекта контроля и создание маски

(изображение повторяющее неоднородности образца). С последующим его «вычитанием» из основного изображения.

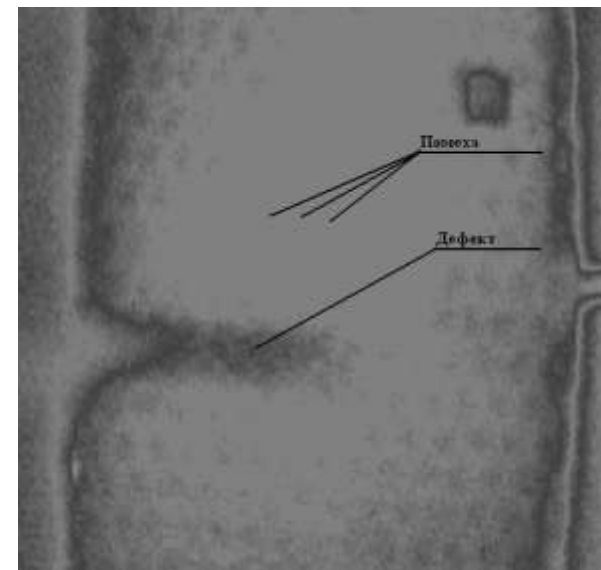


Рис.1 Сотовая структура с дефектом и помехой.

Недостатком такого метода является то, что в случае ошибки наложения изображений приводит не к уменьшению, а к увеличению помехи.

В данной работе использовался второй метод значительно менее универсальный, но в данном случае более эффективный. Речи идет о усреднении температурного поля по зонам линейные размеры которых равны толщине стенки сотовой конструкции. Использование подобного метода снижает уровень помехи более чем в 3 раза, но при этом немного искажает температурное поле в зоне действия. Следует заметить, что эти искажения незначительны по сравнению с рассматриваемыми объектами, что значительно увеличивает температурный перепад между дефектным и бездефектным участком.(рис 2)

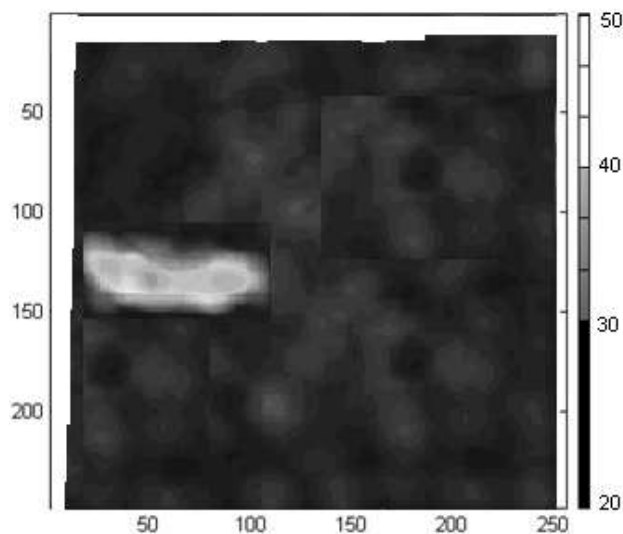


Рис.2 Конечный вид термограммы после обработки.

Это создает все предпосылки для того, чтобы в условиях производства от визуального метода идентификации дефектов перейти к автоматизированному, основанному на соответствующих технических средствах.

#### Литература:

1. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мягкий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади і методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ «ХПІ» – №48. – 2008. – С. 84-91.
2. Xavier P. V. Maldague. Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing. - John Wiley & Sons, Inc., 2001, p. 684.
3. Optimization of the procedure of thermal flaw detection of the honeycomb constructions by improving the accuracy of interference function. / Volodymyr Storozhenko, Aleksandr Myagkiy, Roman Orel. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5/5 ( 83 ) 2016.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИДЕОПЛАТ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст.: Д.В. Саенко, А.В. Катков  
Рук. доц. Р.П. Орёл

Термография – это один из видов неразрушающего контроля, при котором производится диагностика в инфракрасной области спектра с помощью тепловизора и наблюдение динамики тепловых процессов. Тепловизоры регистрируют тепловое излучение поверхности контролируемого объекта и представляют полученные данные в виде изображений – термограмм, позволяющих локализовать области с различными температурами [1]. Тепловой режим электронных компонентов является одним из определяющих факторов их работоспособности. Большинство физических процессов, связанных с работой различных плат, являются термически активными, то есть с их течением наблюдается нагрев определенных участков и компонентов платы [2].

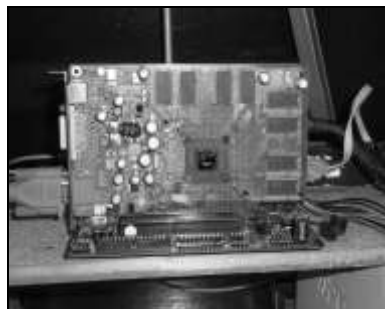
В процессе теплового контроля были исследованы три видеоплаты с различными характеристиками разных лет изготовления. Экспериментальный макет включал в себя материнскую плату с подключенными к ней всеми необходимыми компонентами, в которой устанавливалась исследуемая видеоплата, тепловизор для регистрации термограмм и цифровой фотоаппарат. Целью исследований являлось получение информации о тепловом состоянии выбранных видеоплат, которые имели пассивное охлаждение, в нескольких режимах работы, а именно:

1. без запуска каких-либо графических приложений;
2. при запуске сложных графических приложений (компьютерные игры);
3. при запуске специальных программ, нагружающих видеочип различными задачами, заставляя его интенсивно нагреваться.

Для визуализации тепловых полей и дистанционного определения температуры видеоплат использовался тепловизор ИРТИС-200, который позволяет измерять абсолютные температуры и обладает

чувствительностью к перепаду температур не более  $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$  на уровне  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и погрешностью не более 1% от измеряемого диапазона.

Анализ полученных термограмм работы плат позволил легко выявить области с повышенным тепловыделением, которыми является, прежде всего, видеочип, а также элементы вторичного источника питания и микросхемы памяти (см. рисунок).



Видимое изображение



Термограмма

Следует отметить, что только одна из тестируемых видеоплат работала в нормальном тепловом режиме без активного охлаждения, вторая – на границе допустимого температурного диапазона, а у третьей срабатывала программа аварийного отключения, причиной чего являлся аномальный перегрев видеочипа. Таким образом, используя термографический метод, можно достаточно просто определить необходимость применения дополнительного охлаждения и какого именно.

Во время экспериментальных исследований, которые проводились на кафедре физики ХНУРЭ, были подтверждены основные преимущества термографического метода такие как: наглядность, простота, эффективность и высокий уровень быстродействия.

#### Список литературы:

1. Маслова В.А, Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. Харьков: «Компания СМІТ», 2004. – 160с.
2. Стороженко В.А. Малик С.Б. Применение термографии для контроля печатных плат / Техническая диагностика и неразрушающий контроль, №1, 2007. – с.28-31.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Ст. Т.И. Павленко

Рук. доц. Р.П. Орел

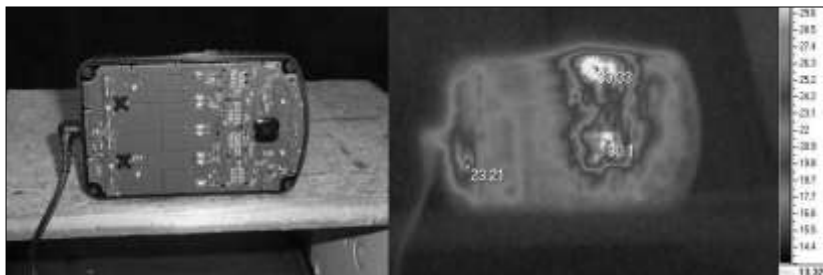
Широкое распространение в диагностике электрооборудования получило тепловидение. Инфракрасное излучение весьма содержательно с точки зрения диагностической информации о техническом состоянии объекта. Возможность получения поверхностного распределения температурного поля без какого-либо воздействия на само устройство позволяет выявлять многие дефекты, в частности, перегрев внешних соединений, брак пайки, выход из строя составляющих элементов.

Тепловизор – это прибор, способный предоставить данные теплового поля исследуемого объекта в виде термограммы. Специализированное программное обеспечение на основании термограмм позволяет отслеживать температурные показатели устройства, расположенного в поле зрения тепловизора. Это является весомым аргументом в пользу эффективности данного метода диагностики электронных схем. Бесконтактный способ диагностики позволяет проводить дефектоскопию устройств в автоматическом режиме при помощи программного обеспечения способного распознавать отклонения в термограмме по сравнению с эталонным изображением [1].

В данной работе представлены результаты теплового контроля портативного интеллектуального зарядного устройства La Crosse BC-700, с четырьмя независимыми каналами заряда/разряда. Для теплового контроля был использован тепловизор ИРТИС-200, чувствительность к перепаду температур которого на уровне  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  не более  $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$  и погрешность не более 1% от измеряемого диапазона [2].

В результате ряда экспериментов были получены термограммы функционирующего устройства при различных режимах эксплуатации. На рисунке показано видимое изображение и термограмма устройства в режиме заряда аккумуляторных батарей током 700 мА, расположены в слотах 1 и 3. На термограммах отчетливо видны места расположения силовых элементов схемы различных каналов, их степень загруженно-

сти, а также динамика тепловых процессов. Так как La Crosse BC-700 является зарядным устройством с независимыми друг от друга каналами, мы можем наблюдать отдельные участки с повышенной температурой, соответствующие наличию аккумуляторов в данных каналах.



Фотография и термограмма объекта исследования

В результате эксперимента выявлено, что при зарядке и разрядке аккумуляторов происходит нагрев различных элементов схемы одного канала, и степень нагрева определяется выбранным током в соответствующем режиме. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что представленное зарядное устройство не нуждается в дополнительном охлаждении даже с учетом снятой крышки. Даже при самых нагруженных режимах температура силовых элементов не превышала 39 °С. В результате исследований никаких аномальных температурных участков на плате не выявлено, температура в пределах до 45 °С является нормальной для данного типа устройств.

Применимость бесконтактного теплового контроля электронных устройств и его достоинства подтверждены экспериментальными исследованиями, проведенными на кафедре физики ХНУРЭ.

#### Список литературы:

1. Маслова В.А., Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. Харьков: «Компания СМІТ», 2004.-160с.
2. Компания «ИРТИС» – ведущий Российский производитель инфракрасных приборов для визуализации и измерения тепловых полей, URL: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=1258&tbl=10.01.05>.

## СПОНТАННЫЕ ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ AgCl-Ag

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

Ст. Чечеленко О.В.

Рук.: доц. Савченко Е. М., ст.пр. Лымарь В.И.

Данная работа посвящена изучению уникальных светочувствительных свойств тонких пленок хлористого серебра с примесью гранулярного серебра (пленки AgCl-Ag). Добавление гранулярного Ag в AgCl приводит к появлению светочувствительности во всем видимом и ближнем ИК диапазоне спектра. Пленки наносились методом вакуумного термического испарения. На полированную подложку наносился AgCl (диэлектрик), на который напылялся тонкий слой серебра (металл).

При облучении лазером в таких пленках могут возникать сильные интерференционные осцилляции в отраженном и проходящем свете, которые при определенных условиях обеспечивают волноводное распространение света внутри пленки. При этом наблюдается образование спонтанных периодических структур (ПС), связанных с волноводными свойствами пленки. Эти структуры представляют собой, в общем случае, несовершенные дифракционные решетки, штрихи которых образованы частицами серебра. Их несовершенства проявляются в том, что вектор решетки  $\mathbf{k}$  имеет разброс относительно преимущественного направления, задаваемого вектором  $\mathbf{E}$  линейной поляризации облучающего пучка.

Замечательной особенностью ПС является их связь с такими параметрами, как толщина пленки, показатели преломления пленки и окружающих сред, длина волны, поляризация, азимут линейной поляризации, угол падения облучающего пучка. Эта связь определяет широкие возможности для практических применений ПС.

#### Литература:

1. Агеев Л.А., Милославский В.К., Эльашах Х.И., Блоха В.Б. Учебные эксперименты и демонстрации по оптике. Учебное пособие.-Харьков: ХНУ, 2000.- 262с.

## ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина

Ст. Е. А. Русанова

Рук.: проф. О. В. Лазоренко

Магнитное поле Земли постоянно находится под мощным воздействием потока плазмы солнечного ветра. Магнитосфера – область околоземного космического пространства, занимаемая магнитным полем Земли – ограничивается магнитопаузой. Магнитопауза – это внешняя граница магнитосферы Земли, на которой динамическое давление солнечного ветра уравнивается давлением собственного магнитного поля. Магнитосфера является важной частью открытых, нелинейных, динамических систем Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера и Солнце – межпланетная среда – магнитосфера – ионосфера – Земля. Причиной возникновения крупномасштабных и глобальных возмущений в магнитосфере является воздействие на нее мощных, нестационарных источников энерговыделения, имеющих как искусственное (мощные взрывы, старты и полеты ракет, нестационарное электромагнитное излучение и др.), так и естественное (землетрясения, взрывы вулканов, геокосмические бури, падение космических тел и т. п.) происхождение. Согласно нелинейной парадигме, сформулированной проф. Л. Ф. Черногором (ХНУ имени В. Н. Каразина, Украина), многие процессы в таких системах, обладая особой сложностью и разнообразием, оказываются нелинейными, сверхширокополосными и фрактальными [1].

Термин «фрактал» происходит от английского «fractional» – *дробный* или латинского «fractus» – *дроблёный, сломанный, разбитый*. Первое определение фрактала было дано Б. Мандельбротом в 1975 г [2]. На сегодня наиболее удачным признается определение К. Фалконера (1990 г.) [2]. Согласно ему множество  $A$  называется фракталом, если среди его свойств имеются такие: 1) множество  $A$  имеет тонкую структуру, то есть оно детализировано на наименьших масштабах; 2) множество  $A$  является достаточно нерегулярной структурой, чтобы ее можно было бы описать традиционными геометрическими способами (геометрии Евклида или Лобачевского и т. п.) как на

локальном уровне, так и на уровне всей структуры; 3) множеству  $A$  свойственно самоподобие как в приближительном виде, так и в статистическом. Это определение удобно, в частности, тем, что позволяет рассматривать объект как фрактал не только, когда он характеризуется одним значением фрактальной размерности (*монофрактал*), но и когда для этого требуется большее число таких значений (*мультифрактал*). Процесс называется фрактальным, если какая-либо его числовая характеристика имеет фрактальные свойства.

Как показано в [1], для анализа таких процессов рекомендуется использовать вейвлет-анализ. Термин «вейвлет» был введен А. Гроссманом и Ж. Морле в середине 1980-х гг. в связи с анализом свойств сейсмических и акустических сигналов. Вейвлеты – это обобщённое название особых функций, которые имеют вид коротких волновых пакетов с нулевым интегральным значением и с той или иной формой, которые локализованы на оси независимой переменной и способны к сдвигу по ней и масштабированию (сжатию, растяжению) [3]. Существуют диадное, дискретное, непрерывное, аналитическое, стационарное и быстрое вейвлет-преобразования, а также вейвлет-пакеты и вейвлет-фреймы.

В рамках данной работы проведен вейвлет-анализ вариаций магнитного поля Земли, зарегистрированных в течение нескольких сильных магнитных бурь в 2017 г.

### Литература:

1. Лазоренко О. В., Черногор Л. Ф. Сверхширокополосные сигналы и процессы. Монография. – Х: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009. – 576 с.
2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: ИИ, 2002. – 656 с.
3. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. Москва, Мир, 2005, 671 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНЫЙ ДИЛАТОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ НИКЕЛЯ

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина

Ст. С. О. Филатов

Рук. доц. О. В. Ванькевич

Никель является классическим модельным объектом для изучения фазового перехода парамагнетик-ферромагнетик. Температура Кюри (температура фазового перехода) для него составляет 627К. Установлено, что при магнитном упорядочении весь комплекс физических свойств: намагниченность, теплоемкость, электросопротивление, тепловое расширение и т.д.

В данной работе ставилась задача создания автоматизированной лабораторной установки для изучения теплового расширения никеля в широком диапазоне температур. Проведенный анализ различных измерительных методик позволил выбрать наиболее оптимальный метод – метод кварцевого дилатометра [1,2]. Данный выбор обусловлен достаточно широким температурным диапазоном (20 С-500 С), а также возможностью автоматизации проведения эксперимента в реальных масштабах времени.

Для наблюдения перемещения кварцевого штока использовался тензометрический метод измерения деформации изгиба. Тип схемы подключения датчиков - «полумост». Два тензодатчика наклеиваются на противоположные стороны упругой пластинки, один незакрепленный конец которой помещается над кварцевым штоком дилатометра. Примененная схема обладает повышенной чувствительностью и устойчивостью к изгибным деформациям образца [3]. Линейное удлинение образца пропорционально изгибу пластинки, что вызывает разбаланс полумостовой схемы. Возникающая разность потенциалов полумоста регистрируется с помощью АЦП платы NI6223, данные с которой передаются на персональный компьютер. С помощью хромель-алюмелевой термопары, также подключенной к ПК через NI6223, измеряется температура образца.

Скорость нагрева подбиралась таким образом, чтобы частота дискретизации АЦП намного превышала скорость нагрева. Это позволило проводить накопление сигнала на данном шаге температур, тем

самым большим улучшить соотношение сигнал/шум (отношение сигнал/шум увеличивается на  $\sqrt{n}$ , где  $n$  – количество измерений на шаг).

Работа экспериментальной установки осуществляется в автоматическом режиме, по оригинальной программе, разработанной с помощью пакета графического программирования LabVIEW. Перед началом работы задаются начальные параметры эксперимента: начало и окончание температурного диапазона измерения, время накопления данных, скорость нагрева. В процессе проведения предусмотрена возможность существенной корректировки начальных условий, а также паузы в измерениях или досрочного завершения всего эксперимента. Весь объем получаемых данных в реальном времени отображается на экране ПК с предварительной математической обработкой. Полученный массив может быть сохранен как в графическом, так и в текстовом формате для последующей обработки.

Полученные результаты хорошо согласуются с литературными источниками [1]. Особое внимание привлекло аномальное поведение кривой теплового расширения никеля в области точки фазового перехода. Созданная экспериментальная установка позволяет проводить более детальное изучение аномального поведения температурной зависимости теплового расширения никеля, для которого наблюдается изменение знака коэффициента теплового расширения при фазовом переходе парамагнетик-ферромагнетик.

Данная лабораторная работа дополнит комплекс лабораторных работ специализированного практикума студентов 4-го курса физического факультета ХНУ имени В. Н. Каразина по изучению физических свойств никеля в области температур магнитного фазового перехода парамагнетик-ферромагнетик.

### Литература:

1. Тепловое расширение твердых тел.. Новикова С. И. Изд-во «Наука», 1974, 1—294с.
2. Амауни А. Н., Методы и приборы для определения температурных коэффициентов линейного расширения материалов, Москва: Изд. стандартов, 1972, 140с.
3. Мехеда В. А. Тензометрический метод измерения деформаций.– Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011, 56 с.

## ВПЛИВ ХЛОРИДНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЗОРІСТЬ БАЗОВИХ ШАРІВ CdTe ДЛЯ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Ст. О.В. Суддя

Рук.: асп. А.І. Доброжан, доц. Г.І. Копач, н.с. М.М. Харченко

В даний час плівкові сонячні елементи на основі гетеропереходу CdTe/CdS є перспективними для широкомасштабного застосування, оскільки базові шари телуриду кадмію мають оптимальну ширину забороненої зони (1,46 eV) для ефективного перетворювання сонячного випромінювання в наземних умовах. Висота потенційного бар'єру nCdS-pCdTe, яка становить 1,02 eV, теоретично дозволяє для таких приладних структур досягти ККД 29%. На значення ККД сонячних перетворювачів суттєво впливають кристалічна структура і електрофізичні властивості базового шару телуриду кадмію. Так, в полікристалічних плівкових сонячних елементах зменшення ККД суттєво пов'язано з рекомбінацією генерованих світлом нерівноважних носіїв заряду на дефектах розвиненої зернограничної поверхні базового шару. При виготовленні фотоперетворювачів на базі гетеропереходу CdS/CdTe для зменшення ступеня розвиненості зернограничної поверхні за рахунок збільшення розміру зерна в плівках телуриду кадмію традиційно застосовується хлоридна обробка. В системі CdTe-CdCl<sub>2</sub> наявна низькотемпературна евтектика, завдяки якій вдається провести рекристалізацію шарів при температурах нижче 500°C. Одним з видів хлоридної обробки є нанесення тонких шарів хлориду кадмію на телурид кадмію з подальшим відпадом всієї структури на повітрі. В роботі досліджено вплив плівок хлоридної обробки на оптичні властивості плівок телуриду кадмію, отриманих методом магнетронного розпилення на постійному струмі.

Досліджені тонкі плівки CdTe вирощені на скляних підкладках в слідуючих режимах конденсації: тиск робочого газу аргону у вакуумній камері – 0,8 Па; напруга на магнетроні – 400-450 В; густина струму плазмового розряду – 4,2 мА/см<sup>2</sup>, температура підкладки – 280-300°C, час напilenня – 15 хв.

Для проведення хлоридної обробки на поверхню шарів CdTe у

вакуумній установці при початковому рівні вакууму  $2 \cdot 10^{-3}$  Па методом термічного випаровування без нагріву підкладки наносили плівки CdCl<sub>2</sub>. Потім отримані багатошарові плівкові системи відпалювали на повітрі у закритому об'ємі при температурі 430°C протягом 25 хв.

Досліджено вплив хлоридної обробки на прозорість базових шарів CdTe на скляних підкладках. Спектральні залежності коефіцієнту пропускання плівок CdTe до та після проведення хлоридної обробки наведені рис. 1.

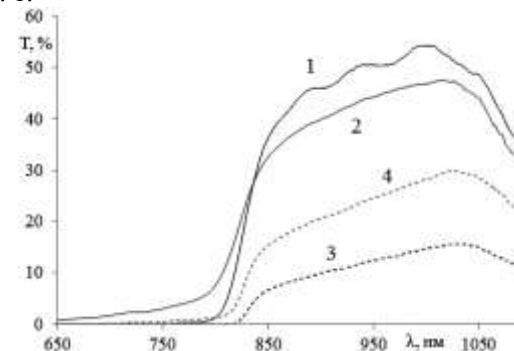


Рис. 1 – Спектральні залежності коефіцієнту пропускання плівок CdTe до хлоридної обробки (1, 2) та після хлоридної обробки (3, 4)

Значення товщини плівок було розраховано за інтерференційними точками екстремуму залежності коефіцієнту пропускання від довжин хвиль та становило 2,2-2,5 мкм. В шарах телуриду кадмію до хлоридної обробки спостерігається сильне поглинання в діапазоні довжин хвиль 400-700 нм та різкий край полоси поглинання в діапазоні 750-850 нм. В інфрачервоній області спектру прозорість плівок складає на рівні 45-50 %.

Після проведення хлоридної обробки коефіцієнт пропускання даних зразків знижується на 30 % та становить 15-20%, що свідчить про збільшення ступеню поглинання світла в інфрачервоній області спектру. Графічний аналіз спектральної залежності коефіцієнту пропускання  $T=f(\lambda)$  у координатах  $\alpha^2=f(h\nu)$ , де  $\alpha$  - коефіцієнт оптичного поглинання,  $h\nu$  - енергія квантів падаючого світла, свідчить щодо наявності прямих дозволених оптичних переходів. Ширина забороненої зони телуриду кадмію до та після «хлоридної» обробки відрізнялась в межах похибки та складала  $1,5 \pm 0,1$  eV.

## ПРОСВЕТЛЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ

Национальный технический университет «ХПИ»  
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина\*  
Ст. Е.А. Грибов  
Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, доц. А.П. Овчаренко\*

Просветляющие покрытия применяются во всех современных оптоэлектронных приборах: фотоэлектрических преобразователях солнечного излучения, тепловизорах, фотоаппаратах и др. для уменьшения потерь падающего излучения вследствие его отражения.

Известно, что в пленках выполняется условие минимума интерференции, если лучи отраженные от наружной и внутренней сторон имеют одинаковую амплитуду, находятся в противофазе и оптическая толщина пленки равна одной четверти длины волны. Для уравнивания амплитуд отраженного света показатель преломления  $n$  просветляющей пленки должен равняться квадратному корню показателя преломления оптического стекла линзы. Материалом линз, особенно используемых в устройствах, работающих в ультрафиолетовом диапазоне, является кварцевое стекло  $\text{SiO}_2$  с  $n = 1,46$ . То есть просветляющая пленка должна иметь  $n = \sqrt{1,46} = 1,2$ . Из известных в настоящее время просветляющих покрытий наименьший показатель преломления имеет фторид лития  $n = 1,39$ .

Для получения пленок, имеющих меньший  $n$ , разрабатываются новые технологии создания наноструктурированных слоев, которые состоят из  $\text{SiO}_2$  нанопрутьев, полученных методом электронно-лучевого испарения. Пленки напыляют в вакууме  $2 \cdot 10^{-6}$  Торр, скорость осаждения оставляет 0.5 нм/с. Нанопрутья могут быть расположены под разными углами, что позволяет получать разные  $n$ . Пробел между ними составляет менее 30 нм, что намного меньше, чем длина волны видимого света и, следовательно, не влияет на оптическое рассеивание. Кроме того, в процессе испарения подбирается необходимая толщина пленки ( $nh = 1/4 \lambda$ ). Показатель преломления слоя нанопрутьев  $n = 1,08$ , самый низкий из известных тонкопленочных материалов. Расчеты показали, что при наноструктурированном покрытии с  $n = 1,233$  отражение составляет 0% на длине волны  $\lambda = 550$  нм, а в диапазоне от 470 до 630 нм отражение меньше 0.5%.

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТАМАТЕРІАЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНО-КЕРОВАНОВОГО СМУГОВОГО ФІЛЬТРУ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна<sup>1</sup>  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»<sup>2</sup>  
Ст. О.В. Бурлаєнко<sup>1</sup>  
Кер. ст. викл. О.Б. Алмазова<sup>2</sup>

У сучасному неспокійному і галасливому світі ми всі шукаємо тиші і спокою. І якщо Ви не можете втекти від шуму на годину або дві в тихий ліс, необхідно усунути навколишній шум, використовуючи шумопридушуючі прилади.

Звукова хвиля (звукові коливання) - це механічні коливання молекул речовини, що передаються в просторі.

Джерело звуку - це обов'язково тіло що коливається. Однак досвід показує, що не будь-яке тіло, що коливається є джерелом звуку. Справа в тому, що вухо людини сприймає не всі хвилі, а тільки ті, які створюють тіла, що коливаються з частотою від 16Гц до 20 кГц.

Звукові коливання, а також взагалі всі коливання, як відомо з фізики, характеризуються амплітудою (інтенсивністю), частотою і фазою. Відносно звукових коливань дуже важливо згадати таку характеристику, як швидкість поширення. Швидкість поширення коливань, взагалі, залежить від середовища, в якій коливання поширюються. На цю швидкість впливають такі фактори, як пружність середовища, її щільність і температура.

Шум - це звуки, що злилися в безладне (зазвичай гучне) звучання; хаотичні коливання різної фізичної природи, що відрізняються складністю тимчасової і спектральної структури.

Інноваційність цієї роботи полягає в використанні селективних метаматеріалів для створення шумопридушуючих приладів, що мають властивість беруш, які пропускають голос людини.

В роботі розглянуто теоретичний опис смугового фільтру, побудованого на метаматеріалах[1] - матеріалах, властивості яких визначаються не властивостями елементів, з яких вони складаються, а властивостями штучної просторової періодичної структури, яка закладена в побудову їх кристалічної решітки. До метаматеріалів відносяться фо-



тонні і фононні кристали. Потенційне практичне застосування фононних кристалів розглядається в якості пристроїв акустоелектроніки, оптоелектроніки та інших областей електронної техніки.

Фононний кристал, або акустичний метаматеріал, являє собою структуру, яка складається з періодичних неоднорідностей, що чергуються в просторі та відрізняються пружними або п'єзоелектричними властивостями. Такий матеріал дозволяє пропускати сигнал з необхідною амплітудно-частотною характеристикою.

Таким чином, такі структури являють собою своєрідні смугові фільтри, що дозволяють відсікти частоти від деякого мінімального значення до деякого максимального. Структура таких матеріалів відрізняється для різного діапазону частот і умов застосування, розраховувавши теоретично і змодельовавши форму, такий зразок можна надрукувати, використовуючи 3D принтер, після чого використовувати в ролі селективних беруш.

Застосування метаматеріалів дозволить істотно поліпшити характеристики акустоелектронних пристроїв, а також розробити якісно нові прилади. Періодичні структури акустичних метаматеріалів мають характеристичні розміри порядку довжини пружної хвилі.

Найбільший інтерес представляють керовані фононні кристали, в яких за допомогою зовнішніх впливів здійснюється контроль ширини забороненої зони

[2]. В якості зовнішніх взаємодій використовуються різні фізичні поля - електричне, магнітне, теплове, механічний вплив, тощо Введення керованого поля в свою чергу вимагає ускладнення конструкції і технології виготовлення метаматеріалів.

Найбільш цікавою областю фононіки є метаматеріал, управління шириною забороненої зоною якого здійснюється за допомогою



Рис.1. Акустичний метаматеріал.



Рис.2. Зовнішній вплив на метаматеріал.

електричного поля.

Відомий ефект, званий індукованим п'єзоелектричним ефектом, що виникає в сегнетоелектриках, які знаходяться в параелектричній фазі при прикладенні до них зовнішнього електричного поля. В сегнетоелектриках з'являються п'єзоелектричні властивості, змінюються діелектрична проникність і пружні властивості, величина яких залежить від напруженості зовнішнього поля, що прикладається.

Явище індукованого п'єзо ефекту в сегнетоелектриках дозволяє сформувати електричним полем періодичну структуру «п'єзоелектрик/діелектрик» з можливістю управління її властивостями. У подібній періодичній структурі при поширенні пружних хвиль повинні спостерігатися зони проходження і пропускання, тобто сформована структура є акустичним метаматеріалом. При поширенні пружної хвилі в такій структурі, зміна напруги на електродах призводить до зміни імпедансних характеристик п'єзоелектричних областей і, як наслідок, до частотної перебудови забороненої зони.

Таким чином, використовуючи керовані фононні кристали, можливо створити електронні прилади, які будуть не просто ізолювати людину від усіх звуків, а відсікатимуть тільки певний інтервал частот. Розроблена методика це великий внесок для електроіндустрії, що використовує шумопридушуючі пристрої. Доцільне поєднання методики селективних метаматеріалів з методиками активного шумопридушення та програмних частотних фільтрів [3,4,5].

[1]. Красильников В.А., Крылов В.В.: «Введение в физическую акустику». М.: Наука, 1984.; [2]. В.П. Пашенко: «Управляемый пьезометаматериал на основе индуцированного пьезоэффекта в сегнетоэлектриках титаната бария-стронция», 2014; [3]. Jonathan Le Roux, and Emmanuel Vincent: «Consistent Wiener Filtering for Audio Source Separation», 2013.; [4]. E. Topsakal, J.L. Volakis: «On the properties of materials for designing filters at optical frequency», 2003; [5]. I. Nancy Catherine, S. Dhandapani: «Noise reduction in speech processing using improved active noise control (anc) technique», 2014.



Рис.3. Періодична структура

## ІНЖЕНЕРНА СЕКЦІЯ



## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ОТ ТРЕНИЯ В МАКЕТЕ ПРОКАТНОГО СТАНА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

**Ст. Г.А. Луценко**

**Рук.: доц. В.О. Котляров, ст. пр. С.С. Кривонос**

При проектировании сложных механизмов необходимо учитывать все факторы влияющие на работу устройства в целом. Одним из факторов оказывающим значительное влияние являются сила трения. Если не учитывать силы трения при разработке, то в последующей эксплуатации механизма это приведет к быстрому износу и скорой поломки.

Силой трения называют силу, которая возникает при движении одного тела по поверхности другого. Она всегда направлена противоположно направлению движения. Законы трения связаны с электромагнитным взаимодействием, которое существует между телами. Различают трение внешнее и внутреннее. Внешнее трение возникает при относительном перемещении двух соприкасающихся твердых тел (трение скольжения или трение покоя). Внутреннее трение наблюдается при относительном перемещении частей одного и того же сплошного тела (например, жидкость или газ). Различают сухое и жидкое (или вязкое) трение. Сухое трение возникает между поверхностями твердых тел в отсутствие смазки. Жидким (вязким) называется трение между твердым телом и жидкой или газообразной средой или ее слоями.

Для исследования зависимости скорости от силы трения была выбрана модель прокатного стана. Где непосредственное трение возникает в результате соприкосновения валов с заготовкой. Помимо этого, трение возникает в узлах и механизмах, передающих вращательное движение от двигателя. Для исследования зависимости были установлены ряд датчиков. При изменении работы модели (увеличении и уменьшении нагрузки, скорости и т.д.), датчики фиксируют показания. На основе показаний мы можем построить временные графики и отследить зависимость. Исследование данной зависимости поможет разработать методы для улучшения работы устройства, что в дальнейшем приведет к увеличению сроков службы.

**ФЕРОМАГНИТНАЯ ЖИДКОСТЬ**  
*Національний технічний університет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
**Ст. Д.В. Шулежко**  
**Рук. доц. И.В. Галуцак**

Ферромагнитная жидкость (от латинского ferrum — железо) — жидкость, сильно поляризующаяся в присутствии магнитного поля. Ученые называют эту структуру «неустойчивостью Розенцвейга».

Магнитные жидкости представляют собой более чем одно состояние материи, коллоидные дисперсии магнитных материалов (ферромагнетиков: магнетита, ферритов) с частицами размером от 5 нанометров до 10 микрометров, стабилизированные в полярной (водной или спиртовой) и неполярной (углеводороды и силиконы) средах с помощью поверхностно-активных веществ или полимеров. Они сохраняют устойчивость в течение двух-пяти лет и обладают при этом хорошей текучестью в сочетании с магнитными свойствами. Для обеспечения устойчивости такой жидкости, как уже упоминалось, ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом (ПАВ), которое образует защитную оболочку вокруг частиц и препятствует их слипанию из-за Ван-дер-Ваальсовых или магнитных сил.

ПАВ препятствуют слипанию частиц, мешая им создать слишком тяжелые группировки элементарных образований, которые не смогут удерживаться во взвешенном состоянии за счет броуновского движения. Обычно в качестве ПАВ используют олеиновую кислоту, гидроксид тетраметиламмония, полиакриловую кислоту, полиакрилат натрия, лимонную кислоту, соевый лецитин.

Именно Рональд Розенцвейг впервые наблюдал это явление еще в шестидесятых годах прошлого столетия в лабораториях Массачусетского технологического института США, а затем и описал его в своей научной статье "Ferrohydrodynamics".

К ферромагнетикам кроме основного их представителя — железа, от которого и происходит название ферромагнетизм, относятся, например, кобальт, никель, гадолиний, их сплавы и соединения. Частицы вещества ферромагнитной жидкости размерами настолько малы, что примерно в десятки раз тоньше человеческого волоса. Такие мик-

роскопические показатели величины позволяют им равномерно распределяться в растворителе с помощью теплового движения. Аналогичным образом ионы в водных растворах парамагнитных солей (например, водный раствор сульфата меди(II) или хлорида марганца(II)) придают раствору парамагнитные свойства.

Магнитоуправляемость магнитной жидкости позволяет удерживать её в нужном месте устройства под действием магнитного поля. До поры, пока нет внешнего воздействия, жидкость спокойна, напоминая собою зеркало. Но стоит только поднести к этому «зеркалу» направленное магнитное поле, как оно оживает, приобретая необычные формы, изменяющиеся под воздействием поля. Формы феррожидкости меняются в зависимости от силы и направленности воздействия магнитного поля. Под воздействием довольно сильного вертикально направленного магнитного поля поверхность жидкости с парамагнитными свойствами самопроизвольно формирует регулярную структуру из складок. Этот эффект известен как неустойчивость в нормально направленном поле. Формирование складок увеличивает свободную энергию поверхности и гравитационную энергию жидкости, но уменьшает энергию магнитного поля.

Можно различать ферромагнитные и магнитореологические жидкости. Разница между ними в размере частиц. Частицы в ферромагнитной жидкости это в основном наночастицы, находящиеся во взвешенном состоянии из-за броуновского движения и не оседающие в нормальных условиях. Частицы в магнитореологической жидкости в основном микрометрового размера (на 1—3 порядка больше); они слишком тяжелы, чтобы броуновское движение поддерживало их во взвешенном состоянии, и поэтому со временем оседают из-за естественной разности в плотности частиц и несущей жидкости. При наложении магнитного поля, магнитореологическая жидкость может изменять предел текучести, в зависимости от ее физико-химического состава от 0 до 50-100 кПа.

Одной из областей применения магнитных жидкостей является их использование в качестве магнитных смазок. Магнитная жидкость на основе масла по сравнению с тем же маслом снижает трение на 20% эффективнее. Под воздействием электромагнита, контролируемого компьютером, подвеска может мгновенно стать более жесткой или более мягкой благодаря феррожидкости. Помимо Ferrari, подобные

разработки уже давно нашли применение в автомобилях Audi, Cadillac, BMW и других. Также магнитная жидкость нашла широкое применение в медицине.

Противоопухолевые препараты, к примеру, вредны для здоровых клеток. Но если их смешать с магнитной жидкостью и ввести в кровь, а у опухоли расположить магнит, магнитная жидкость, а вместе с ней и лекарство сосредоточиваются у пораженного участка, не нанося вреда всему организму. Магнитные коллоиды можно применять в качестве контрастного средства при рентгеноскопии. Обычно при рентгеноскопической диагностике желудочно-кишечного тракта пользуются кашицей на основе сернокислого бария. Если учесть, что коллоидные ферритовые частицы активно поглощают рентгеновские лучи, то можно говорить об использовании магнитных жидкостей в качестве рентгеноконтрастных веществ для диагностики полых органов. Все процедуры при этом существенно упрощаются.

Огромный интерес для исследователей представляет возможность очистки сточных вод от нефтепродуктов с помощью магнитных жидкостей.

Магнитная жидкость обладает еще одним удивительным, поистине уникальным свойством. В ней, как и в любой жидкости, плавают тела менее плотные и тонут тела более плотные, чем она сама. Но если приложить к ней магнитное поле, то утонувшие тела начинают всплывать. Причем чем сильнее поле, тем более тяжелые тела поднимаются на поверхность. Если воздействовать магнитным полем на ферромагнитную жидкость с разной восприимчивостью (например, из-за температурного градиента) возникает неоднородная магнитная объемная сила, что приводит к форме теплопередачи называемой термомагнитная конвекция. Такая форма теплопередачи может использоваться там, где не годится обычная конвекция, например, в микроустройствах или в условиях пониженной гравитации.

*Список литературы:*

1. <http://www.sciencedebate2008.com/ferrofluid/>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)
3. [http://www.topauthor.ru/ferrogidkost\\_chno\\_eto\\_takoe\\_celb.html](http://www.topauthor.ru/ferrogidkost_chno_eto_takoe_celb.html)
4. <https://www.nkj.ru/archive/articles/4971/>
5. <https://xn----7sbalhlldtlnbt6bj4oub.xn--p1ai/>

## ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ

Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"

Ст. С. Широков

Рук.: доц. Т.И. Храмова, ст. пр.С.С. Кривонос

*"Вся вселенная достигнет теплового равновесия в будущем в срок, который не бесконечно удален"*  
(Артур Эддингтон, 1935 г.)

Одним из фундаментальных вопросов вселенной, является вопрос ее конца. Сотни лет человечество старалось найти ответ на заданный вопрос. Одним из ответов на этот вопрос была теория "Тепловой смерти вселенной" выдвинутая Р.Клаузиусом в 1865 году. Суть ее состоит в том, что вселенная в будущем войдет в состояние термодинамического равновесия, то есть в состояние с максимальной энтропией. При состоянии "тепловой смерти" все изменения полностью прекратятся, а Вселенная застынет навеки. Однако она продолжит свое существования в виде полностью "мертвого" без звездного холодного мира, лишённого любых процессов.

Сам Клаузиус пришел к такому выводу после формулирования второго закона термодинамики. Он описывает его так: "Теплота не может переходить самопроизвольно от более холодного тела к более тёплому.

Энтропия – это тепловая энергия, которая в результате перехода от более нагретого тела к менее нагретому телу теряет способность осуществлять полезную работу.

Второй закон термодинамики представляет собой, что теплота и работа, являющиеся, по определению, формами передачи энергии, неравноценны. Если работа (**A**) может непосредственно переходить в теплоту и при этом изменяется состояние одного тела, то количество теплоты (**Q**) таким свойством не обладает. Подвод тепла приводит лишь к увеличению внутренней энергии системы, т. е. к увеличению её параметров, таких как температура, давление, объём и другое. Сразу после предъявления теории миру, на Клаузиуса сразу обрушилась критика со стороны как известных ученых, так и различных философов.

Оказывается второй закон термодинамики неверен или просто

неточен, так как не применим ко всей Вселенной в целом. Дело в том, что состояние с максимумом энтропии можно воспринимать лишь как идеал, так как закон возрастания энтропии не носит абсолютный характер (а подчинен вероятностным законам). Другими словами, из-за случайных колебаний энтропия в системе будет всегда ниже максимума. Еще одним аргументом против теории Клаузиуса становится понимание Вселенной как бесконечной, поэтому ее нельзя назвать ни замкнутой, ни незамкнутой системой (так как эти критерии используются для конечных объектов). Поэтому вполне логично предположить, что в условиях бесконечности второй закон термодинамики не применим в принципе, или должен быть дополнен.

Однако первых кто доказал ошибочность мнения Клаузиуса по поводу конца света, был Людвиг Больцман. Он заявил: «Тепловая смерть — блеф. Никакого конца света не предвидится. Вселенная существовала и будет существовать вечно, ибо она состоит не из наших «чувственных представлений», как полагают эмпириокритики, и не из разного рода энергий, как полагают остальдовцы, а из атомов и молекул, и второе начало термодинамики надо применять не по отношению к какому-то «эфиру», духу или энергетической субстанции, а к конкретным атомам и молекулам».

В 1872 г., применив статистические методы к кинетической теории газов, вывел основное кинетическое уравнение газов. Установил фундаментальное соотношение между энтропией физической системы и вероятностью её состояния, доказал статистический характер второго начала термодинамики, что указало на несостоятельность гипотезы «тепловой смерти» Вселенной. Формула приведена ниже:

$$S = k * \ln W$$

где  $S$  – энтропия,  $k$  – константа Больцмана,  $W$  – количество микросостояний, реализующим макросостояние.

Даже, Папа Пий XII по этому поводу заметил: «Закон энтропии, открытый Рудольфом Клаузиусом, дал нам уверенность в том, что в замкнутой материальной системе, в конце концов, процессы в макроскопическом масштабе когда-то прекратятся. Эта печальная необходимость свидетельствует о существовании Необходимого Существа». Мысль, высказанная главой христианской церкви в середине XX века, приводит к противоречию с принципом вечности движения во Вселенной, выражающимся в законе сохранения энергии.

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

Ст. А.И. Красникова  
Рук. доц. Т.И. Храмова

Контроль температуры необходим практически в любой области науки и техники, производства, как при изучении происходящих в природе процессов, так и для нормального функционирования различных технических устройств и технологических процессов.

Измерение температуры основано на зависимости какой-либо физической величины от температуры. В промышленности наиболее распространены методы, основанные на зависимости электрического сопротивления или напряжения от температуры.

В настоящее время стандартом для большинства производств стали термоэлектрические термометры (термопары) благодаря чрезвычайно низкой стоимости, прочности, простоте изготовления и широкому диапазону измеряемых температур.

Измерение температур при помощи термопар основано на эффекте Зеебека, который заключается в том, что в замкнутом контуре, состоящем из двух разнородных проводников, непрерывно течет электрический ток, если места спаев проводников имеют различные температуры. Следовательно, если соединить сваркой одни концы проводников из разных металлов и поместить их в месте измерения температуры, то между оставшимися концами появится напряжение, прямо пропорциональное разности температур на горячем и холодных концах термопары. Наиболее распространенные сочетания проводников в промышленных термопарах: «хромель (Ni-Cr) - константин (Cu-Ni)», «хромель (Ni-Cr) - алюмель (Ni-Al)», «медь - константин (Cu-Ni)» и «платина (10% родия) - родий». За счет интегрирования в одном измерительном устройстве термопары, дифференциального аналогово-цифрового преобразователя высоко разрешения и современного платинового терморезистора для измерения температуры холодного спая удалось создать системы измерения температуры в диапазоне от -270 до +1750°C с точностью  $\pm 1^\circ\text{C}$ , которые гарантируют воспроизводимые измерения даже в тяжелых промышленных условиях.

## ГЕОМАГНІТНЕ ПОЛЕ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст. П. Циганок

Кер.: доц. О.М. Андреева, доц. О.М. Андреев

У 1600 році англійський вчений В. Гільберт представив світу свою книгу «Про магніт, магнітні тіла і про великий – Землю», в ній були описані факти, які доводили, що наша планета – величезний магніт, який впливає на поведінку стрілки компаса. Раніше вважали, що магнітна стрілка притягується Полярною зіркою.

Земля має магнітне поле дипольного типу, ніби в її центрі розташований гігантський смуговий магніт. Серед наявних гіпотез походження магнітного поля нашої планети найбільш загально визнані дві: поле викликано обертанням залізного ядра або гігантським електричним струмом, що оперізує Землю на великій відстані від її центру.

За класифікацією Б.М. Яновського [1] геомагнітне поле має такі основні складові: стала – основне магнітне поле Землі (притаманні повільні зміни з часом); світові аномалії – ділянки розмірами до  $10^6$  м в яких спостерігається значне відхилення (близько 20 %) розподілу напруженості від загального (Бразильська, Канадська, Сибірська); змінна, визначається джерелами у вигляді струмових систем, зокрема, потоками намагніченої плазми, що приходять від Сонця разом із сонячним вітром, і формують земну магнітосферу.

Короточасні різкі зміни параметрів спокійного магнітного поля (горизонтальної складової напруженості геомагнітного поля, кута магнітного нахилу та кута магнітного схилю) прийнято називати магнітними бурями. Згідно теорії [2], раптовий початок магнітної бурі означає прихід гідромагнітної ударної хвилі, котра виникає коли потоки частинок водню з незначною кількістю гелію, які внаслідок іонізації атомів знаходяться в плазмовому стані, досягають Землі. Під час магнітної бурі спостерігається швидка зміна напруженості магнітного поля на середніх широтах з амплітудою від  $H_r = (0,08-0,4 \text{ мА/м})$  (нормальні варіації становлять  $H_r = 0,04 - 0,06 \text{ мА/м}$ ). За інтенсивністю магнітної бури можуть бути великими, помірними та слабкими. Найбільш сильні бурі відбуваються під час зростання та спаду сонячної активності, а їх частота визначається сонячною активністю, котра залежить від пори року та збільшується в період рівнодення.

Існує велика кількість досліджень [3 - 5], котрі доводять вплив слабких електромагнітних полів та коливань геомагнітного поля на

живі організми та їх регуляторні механізми на всіх рівнях: молекулярному, внутріклітинному, міжклітинному і т.д. Ряд дослідників [6, 7] вважає, що під дією магнітних бур відбувається зміна магніто-електричних властивостей клітин та молекул води, котрі входять до складу кліткових мембран, зокрема, відбуваються порушення в транс-мембранному транспорті води та іонів [8]. Tenforde [9] вважає, що зовнішнє електромагнітне поле сприяє появі індукційних токів в міжклітинному середовищі, що призводить до електрохімічних змін в компонентах кліткових мембран. На думку Liboff [10], сила Лоренца впливає на траєкторію руху іонів  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  крізь іонні канали мембран.

Пересічний мешканець нашої планети відчуває несприятливу дію магнітних бур за рахунок порушень власних біоритмів, що ідентично стресовій ситуації для організму. Зокрема спостерігається зменшення вироблення гормону, відповідального за адаптацію (мелатоніну), а кора надниркових залоз виділяє набагато більше кортизону («гормону стресу»). Людина може відчувати в такі дні головний біль, стомленість, запаморочення, зниженням і нестійкістю апетиту, безсоння, сверблячку і печучий біль на руках, біль в суглобах. У хворих на серцево-судинні захворювання під час коливань геомагнітного поля підвищується артеріальний тиск, змінюється коронарний кровообіг, що може призвести до гіпертонічного кризу, інсульту, інфаркту міокарда.

Тому вивчення впливу коливань геомагнітного поля на організм людини являє собою актуальну наукову задачу різноманітних областей науки, зокрема біофізики, біології та медицини.

[1] Б.М. Яновский Земной магнетизм. - Л.: Лен. ун-т, 1978. – 591 с.; [2] Л.В. Тарасов Земной магнетизм. - Д.: Ителлект, 2012 – 184 с.; [3] В.Г. Сидякин Влияние флуктуаций солнечной активности на биологические системы // Биофизика. – 1992. – Т.37, № 4. с.647 – 652; [4] Холодов Ю.А., Н.Н. Лебедева Реакции нервной системы человека на электромагнитные поля. – М.: Наука, 1992. – 135 с.; [5] Абаджанян Н.А., Макаров И.И. Влияние геомагнитных бурь различной интенсивности на параметры биоэлектрической активности головного мозга и центральной гемодинамики в зависимости от типа кровообращения у практически здоровых лиц // Экология человека. – 2001. – № 1. – с. 4 – 8.; [6] Бреус Т.К. Биологические эффекты солнечной активности // Природа. – 1998. – № 2. – с. 75 – 88.; [7] Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 175 с.; [8] Гак Е.З., Красногорская Н.В. О возможной природе электродинамических явлений в живых системах // Электромагнитные поля в биофизике: в 2 т. Т. 2 Биологическое действие электромагнитных полей. – М.: Наука, 1984. – с. 179 - 184.; [9] Tenforde T.S. Interaction of extremely low frequency electric and magnetic fields with humans // Health Phys. – 1987. – № 53. – p. 585 – 606.; [10] Liboff A.R. The electromagnetic field as a biological variable // On the nature of electromagnetic field interaction with biological system – Austin, 1994. – p. 59-72.

**ФИЗИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОФЕ**  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
**Ст. И. Глоба**  
**Рук. ст. пр. К.А. Минакова**

Кофе мы пьем всегда хочется, чтобы оно было лучше, качественней и вкусней. В данной работе будут изучены способы приготовления кофе, и мы попробуем объяснить особенности приготовления некоторых видов напитков с помощью законов физики.

Мы рассмотрели основные способы приготовления кофе: кипяченый кофе, кофеварка с бумажным фильтром, растворимый кофе, старинная неаполитанская кофеварка «*Napoletana*», «эспрессо», итальянская «мокка», «кофе по-турецки». И выбрали те способы, где есть наиболее интересная физика.

**Старинная неаполитанская кофеварка «*Napoletana*».**

«*Napoletana*» состоит из двух сосудов, поставленных один на другой, и фильтра, заполненного кофе, между ними. Вода в нижнем цилиндре доводится до кипения, затем кофеварка снимается с огня и переворачивается. Происходит фильтрация под действием давления столба воды порядка нескольких сантиметров, так что  $\Delta p$  не превышает 0,01 атм. Процесс приготовления идет медленней, чем в мокке. Однако кофе выбирают более крупного помола, чем для мокки, иначе напиток будет готов лишь через полчаса и окажется холодным. Эта кофеварка напоминает мокку, однако вместо фильтрации избыточным давлением пара используют фильтрацию под влиянием силы тяжести.

**«Эспрессо»**

Аппарат для приготовления «эспрессо», который тоже называют эспрессо, гораздо больше. В кофеварке эспрессо вода с температурой 90-94 °С продавливается под давлением 9-16 атм сквозь фильтр с кофейным порошком специального помола, еще более мелкого, чем для мокки. Весь процесс занимает 15-25 секунд, в результате чего изготавливают 1-2 порции кофе по 20-35 мл каждая.

Процесс протекания жидкости сквозь фильтр с кофейным порошком описывается законом Дарси, однако разность давлений, прилагаемая к фильтру, здесь в десятки раз больше, а температура ниже 100 °С. Сравнительно короткое время взаимодействия воды с порошком совместно с высоким давлением оставляют в порошке все лишнее и извлекают из него все лучшее: эмульсии кофейных масел формируют ту густоту напитка, которая не может быть достигнута никаким другим способом; его аромат сохраняется наличием пенки, которая не позволяет исчезнуть летучим компонентам.

**Закон Дарси**

В середине XIX в. Дарси сформулировал линейный закон фильтрации. Он связывает объемный расход жидкости  $Q$  через песчаный фильтр, длина которого  $L$ , а площадь  $S$ , с разностью уровней воды  $\Delta H$  над фильтром и у его основания.

С помощью закона Дарси можно узнать, до какой температуры перегревается кипяток в нижней части кофеварки. Для этого оценим разность давления между нижней и верхней сторонами фильтра по формуле Дарси:

$$\Delta P = W \eta L / k = m \eta L / \rho S t k \quad (1)$$

Характерные размеры фильтра у мокки на 3 порции:  $L=1\text{см}$  и  $S=30\text{см}^2$ , масса кофе  $m=150\text{г}$  набегает за  $t=3\text{мин}$ , коэффициент проницаемости  $k \sim 10^{-13}\text{м}^2$ , плотность воды -  $\rho=1000\text{кг/м}^3$ , вязкость  $\eta(100^\circ\text{C}) = 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{с}$ . Согласно графику зависимости давления насыщенного пара от температуры кипения:

$$p \approx 10^4 \text{ Па} \longrightarrow t^\circ\text{C} = 110^\circ\text{C} \quad (2)$$

**Итальянская «мокка»**

Одной из самых распространенных кофеварок для домашнего приготовления кофе в Италии и России является мокка. Она состоит из трех частей: нижнего усеченного конуса (нагревателя), куда заливается вода; металлического фильтра, куда засыпается кофе среднего помола, и верхнего усеченного конуса, где накапливается готовый напиток; воду следует наливать до уровня клапана, фильтр засыпают полным (примерно 6 г на порцию в 50 мл воды).

Процесс приготовления кофе в мокке весьма занимателен. В фильтр засыпается кофейный порошок и утрамбовывается, в нижнюю часть мокки заливается вода. Кофеварка ставится на слабый огонь. Процесс приготовления заключается в доведении до кипения воды в нагревателе, последующем ее перегоне через кофейный порошок и подъеме напитка по трубке и его сливе в верхний объем. После этого кофе готов к разливу по чашкам. Все кажется простым и понятным.

Но что является «двигателем» описанного процесса? Конечно, огонь. Вода, кипящая в замкнутом объеме, где ей отведено большее место, чем пару, над поверхностью имеет температуру выше 100°C, а пар и его давление над поверхностью воды, оставаясь насыщенным, превышает 1 атм и растет. Внешнее давление вплоть до верхнего уровня фильтра равно атмосферному.

Насыщенный пар с температурой выше 100°C начинает играть роль сжатой пружины, продавливающей перегретый кипяток через кофейный порошок. Из кофе извлекаются все те ароматы, масла и др. компоненты, что превращают воду в чудесный напиток.

### Взрыв «мокки»

Есть мнение, что эти кофеварки выходят из повиновения и превращаются в бомбы. Причины: может засориться или окислиться аварийный клапан в нижней части мокки; плотноупакованный кофейный порошок слишком мелкого помола приводит к непроходимости самого фильтра.

Итог: под действием продолжающегося нагрева, давление в нижнем сосуде вырастет недопустимо высоко, вода пробьет себе канал в фильтре и сорвет верхнюю часть кофеварки с резьбы. Линейный закон фильтрации Дарси написан без учета капиллярных явлений. При среднем радиусе капилляров  $r \approx 0,1$  мм часть из них может оказаться запертой для протекания жидкости при нормальной разности давлений на фильтре ( $\Delta p \approx 10^5$  Па). Оценим максимальный (теоретический) ущерб, который может нанести мокка, превратясь в тепловую бомбу. Будем исходить из худшего: забилося все, что могло забиться и 150 г воды разогреваются в замкнутом объеме. При температуре порядка критической (плотность пара сравнивается с плотностью воды), которая для воды равна  $T_{кр} = 373^\circ\text{C} = 646\text{K}$ , вся вода превратится в пар. Найдем давление в нижней части:

Дано:	Решение
$m = 150 \text{ г}$	Из закона Клапейрона-Менделеева:
$V = 200 \text{ см}^3$	$P_{кр} = m/M \cdot (RT_{кр}/V)$
$M = 18 \text{ г/моль}$	$P_{кр} = (0,15 \text{ кг} / 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}) \cdot$
$R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$	$\cdot (8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K} \cdot 646 \text{ K}) / 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$
$T_{кр} = 646 \text{ K}$	
$P_{кр} = ?$	$P_{кр} \approx 2,24 \cdot 10^8 \text{ Па}$

Итог: это давление порядка имеющегося на дне Марианской впадины. Да и энергия, запасенная в кофеварке, впечатляет:

$$E = 5/2 P_{кр} V \approx 150 \text{ кДж} \quad (3)$$

Так что взрыв разогнал бы отдельные части мокки до скоростей порядка сотен метров в секунду. Но исходя из приведенной оценки понятно, что резка не выдержит гораздо раньше.

Чтобы улучшить качество кофе надо ставить кофеварку на слабый огонь, чтобы процесс фильтрации проходил медленнее и пар в нижнем сосуде не слишком перегревался. Чтобы избежать эффекта «бомбы» следует: а) присматривать за клапаном; б) выбирать кофе среднего помола; в) засыпать его в фильтр без горки и не утрамбовывать.

1. «Удивительная физика», Л.Г. Асламазов, А. Варламов, Добросвет, 2004г.
2. Варламов А., Балестрино Дж. Физика приготовления кофе // Квант. — 2001. — № 4. — С. 2-7.
3. Способы приготовления кофе - <http://kofe.dp.ua>

### СУДА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Национальный технический университет «ХПИ»

Кур.: С. Архипов, В. Завирюха, А. Коваль

Рук.: ст. пр. К.А. Минакова, ст.пр. Ю.И. Веретенникова

Первым идею машины на воздушной подушке высказал К.Э. Циолковский в 1927 году, в работе «Сопротивление воздуха и скорый поезд». Это бесколесный экспресс, который мчит над бетонной дорогой, опираясь на воздушную подушку — слой сжатого воздуха. Но наибольшее распространение принцип движения на воздушной подушке получил на речном и морском транспорте.

Впервые катера на воздушной подушке построили и испытали в 1935 – 1941 годах под руководством профессора Московского авиационного института Владимира Левкова. Один из них, Л – 5, в 1937 году на испытаниях в Финском заливе достиг рекордной скорости – 73 узла (135,2 км в час).

Важным этапом в развитии судов на воздушной подушке стало изобретение в Англии в 1955 году профессором Кристофером Коккереллом сопловой схемы формирования воздушной подушки. Ему же принадлежит изобретение гибких ограждений. В 1959 году в проливе Ла-Манш появилось странное судно с цилиндрической башней посередине. Стартовав из Франции, оно пересекло пролив и, достигнув побережья, как ни в чем не бывало, продолжило свой путь. Одна из самых удачных зарубежных разработок — созданный в Великобритании в 1972 году 33-тонный катер ВН-7 «Веллингтон». Он может нести 14 тонн груза и при этом лететь над водой со скоростью около 60 узлов (111,12 км в час). Судно на воздушной подушке (СВП) не достаточно сильно погружается в воду, чтобы называть его судном, однако, и не сильно высоко парит над поверхностью земли, чтобы относить его к авиации. Простым вопросом самолёт или судно тут не обойтись, так как СВП способны передвигаться по воде, по суше, преодолевая канавы и овраги, и по льду. Суда выходят на сушу прямо из воды, позволяют передвигаться по полям, болотам, мелководьям, снежным пустыням и, в отличие от вертолётки или самолёта, позволяют сделать остановку в любом месте.

Принцип движения на воздушной подушке сегодня используется и в других видах техники. Появились вездеходы, самокаты, мото-



циклы, газонокосилки и детские игрушки на воздушных подушках. В последние годы эффект воздушной подушки стали использовать и в медицине.



**Рис.1.** Техника на воздушной подушке.

Людей, получивших ожоги, помещают на «воздушные матрасы» — тоненькие, но многочисленные струйки воздуха поддерживают тело человека в воздухе. Ожоги при этом заживают гораздо быстрее обычного, и человек не страдает от прикосновения к матрасу.



**Рис.2.** Повседневная техника на воздушной подушке: газонокосилка и снегокат.

#### **Принцип работы.**

**ВОЗДУШНАЯ ПОДУШКА** — это слой сжатого воздуха под днищем судна, который приподнимает его над поверхностью воды или земли с помощью вентилятора. Отсутствие трения о поверхность позволяет снизить сопротивление движению и увеличить скорость. От высоты подъёма зависит способность такого судна двигаться над различными препятствиями на суше или над волнами на воде.

Поговорим о принципе работы воздушной подушки более подробно. Чем меньше расстояние между СВП и поверхностью, тем больше действие воздушной подушки. С увеличением высоты, растёт утечка воздушных масс, следовательно, для поддержания подушки в таком состоянии нужно больше мощности и специальные ограждения.

**СКЕГОВЫЕ СВП** имеют жёсткое ограждение, похожее на колокол, стенки которого погружаются под воду. Однако данная конструкция теряет скоростные преимущества. С установкой СКЕГОВ расход воздуха уменьшается, но при этом судно теряет возможность выходить на сушу.



**Рис.3.** Трансокеанское судно на воздушной подушке со скегами  
Масса судна 5000 т; грузоподъемность 1800 т; скорость 100 узлов.



**Рис.4.** Амфибийный СВП.

**АМФИБИЙНЫЕ СВП** имеют гибкое ограждение, которое используются всё чаще в современных судах. Хорошо себя показали эластичные «юбки», контролирующие утечку воздуха. Они свободно пропускают морские волны или неровности почвы, не передавая удары на корпус. Суда такого типа способны парить над водой, могут «выползть» на берег и даже передвигаться по суше. Скеговые СВП, массой 5000 тонн уже вполне конкурентноспособны в сравнении с транспортными самолётами и водоизмещающими судами. Амфибийные СВП популярны как небольшие вездеходы, патрульные и спасательные средства

#### **Перспективы и проблемы развития.**

Стремление увеличить размеры современных СВП всё время растёт. Уже имеются эскизы воздушных подушек массой от 1000 до 5000 т, и проект судна на воздушной подушке массой 15 000 тонн. Цель создателей проекта 15 000 тонного судна на воздушной подушке - масштабные грузоперевозки. Это судно могло бы перевозить порядка 2000 легковых машин вместе с пассажирами. Конструкционная скорость судна по проекту составляла 240 км/ч. Пассажирских кают нет, но пассажиры могут проводить время в ресторанах, кинозалах или на застеклённых палубах. В качестве основного двигателя используется атомная энергетическая установки, только она позволит достигнуть требуемой мощности, 550 МВт.



**Рис.5.** СВП «Навиплан 500» Самое большое в мире судно, способное перевозить 45 автомобилей и 400 пассажиров.



**Рис.6.** СВП 5K4. На СВП 5K4 было увеличено количество пассажиров до 416 мест.

При дальнейшем увеличении размеров судов на воздушной подушке возникает потребность изобретения новых источников первичной энергии и переходе к новым типам двигателей.



**Рис.7.** Эскиз перспективного судна на воздушной подушке.



**Рис.8.** Платформа на воздушной подушке для рейдовой разгрузки.

Недавно появилось транспортное средство на воздушной подушке, чем-то напоминающее платформу. Причём энергетическая установка используется только для поддержания этой платформы на плаву, а поступательное движение осуществляется буксирных судов на воде и тракторов на суше. Получается своеобразный прицеп, пригодный для любой поверхности. Эти платформы очень удобно использовать для разгрузки морских судов и последующей доставки груза до железной дороги. Для решения нестандартных транспортных задач можно ожидать изобретения ещё больших платформ на воздушных подушках. В США сейчас работают над проектом 6000 тонной платформы, которая будет применять во время прокладки трубопровода в Арктике, там требуется доставка груза с воды на пологий берег.

#### *Литература:*

1. Энциклопедия для детей. Т. 14. Техника. – М.: Аванта, 2004;
2. Желнина Т. Н. «К. Э. Циолковский» - М., 1999;
3. Макливи Р. «Суда на подводных крыльях и воздушной подушке» - Л.: Судостроение, 1981;
4. БСЭ. – М.: Советская энциклопедия, 1969 – 1978.

## **ВЛИЯНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ВСЕЛЕННОЙ И ЖИЗНИ**

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. А. Ляш*

*Рук. доц. В.А. Лыках*

Для возникновения жизни необходима основа. Наша Вселенная синтезировала атомные ядра на начальном этапе своей истории. Ядра захватили электроны, чтобы сформировать атомы. Скопления атомов образовали галактики, звезды и планеты. Наконец, у живых существ появился дом. Принимается как данность, что законы физики допускают появление таких структур, но здесь мы рассмотрим, как наша Вселенная могла бы выглядеть при других условиях.

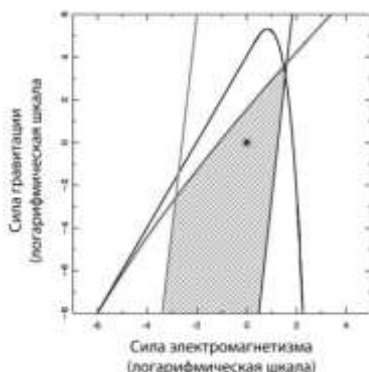
Астрофизики уже так долго обсуждают концепцию тонкой настройки Вселенной, что многие стали воспринимать как данность, что наша Вселенная необычным образом подходит для сложных структур. На протяжении последних десятилетий ученые вели споры насчет того, что если бы законы физики были хоть немного другими, в космосе отсутствовали бы столь сложные структуры. Параллельно с этим космологи пришли к выводу, что наша Вселенная может быть лишь частью Мультивселенной — огромного множества вселенных, занимающего большую часть пространственно-временного континуума. Существование других вселенных дает привлекательную возможность объяснить очевидную точность законов физики, ведь законы меняются в зависимости от вселенной, а мы живем в той, которая допускает наличие наблюдателей, поскольку мы не смогли бы жить где-то еще.

Доказать что Вселенная была бы пригодна для жизни, даже если бы силы электромагнетизма и гравитации были больше или меньше. Заштрихованная область на рис.1 показывает диапазон значений, при которых возможна жизнь. Звездочка показывает реальные значения этих параметров в нашей Вселенной; точки начала осей координат приведены в соответствие с этими значениями. Условия таковы, что звезды должны быть способными осуществлять ядерный синтез, должны жить достаточно долго, чтобы жизнь могла эволюционировать, быть достаточно теплыми для поддержания биосфер и не

перерастать свои домашние галактики.

Первый вид тонкой настройки Вселенной это первичные силы природы в действующих звездах. Если бы электромагнитная сила была слишком велика, то электрическое отталкивание протонов прекратило бы ядерный синтез внутри звезд, и они бы перестали светить. Если бы электромагнетизм был слишком слабым, то ядерные реакции вышли бы из-под контроля, и звезды стали бы очень эффективно взрываться. А если бы гравитация была слишком сильной, звезды сжались бы в черные дыры. Помимо этих минимальных условий состояние звезд также должно соответствовать определенному числу других показателей, еще сильнее сокращающих число допустимых значений сил взаимодействия. Звезды должны быть горячими. Температура их поверхностей должна быть достаточно высока, чтобы привести к осуществлению химических реакций, необходимых для развития жизни на планете. В нашей Вселенной пространства вокруг большинства звезд достаточно велики, поэтому существуют области, где температура поверхности планет держится у отметки в  $27,85^\circ\text{C}$ /

Учитывая, что наша вселенная, кажется, не особенно точно настроенной, можем ли мы сказать, что наша вселенная — лучшая для развития жизни? Наше нынешнее понимание говорит, что нет. Можно легко представить более дружелюбную вселенную и, возможно, более логичную. Вселенная с изначальными колебаниями большей плотности создала бы более плотные галактики, которые могли бы поддерживать более обитаемые планеты, чем наша. Во вселенной со стабильным бериллием могли существовать прямые каналы производства углерода, и там не требовалась бы сложная тройная гелиевая реакция. Хотя эти вопросы все еще изучаются, мы уже понимаем, что у вселенных есть много путей развития сложных структур и биологии, и некоторые могут быть более расположены к жизни, чем наша.



## МИРАЖИ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: Е.Ю. Дудникова, В.В. Духно

Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Т.И. Храмова

Когда мы говорим о чем-то неуловимом, нереальном, пригрезившемся, мы используем слово «мираж». Миражи очень разнообразны. Они позволяют видеть различные предметы, подробности пейзажа, даже города, которые на самом деле находятся далеко от наблюдателя, скрыты от него за горизонтом. Эти видения появляются вдруг у линии горизонта или повисают над ней в воздухе. Иногда они предстают перед наблюдателем в перевернутом виде, иногда оказываются вдвоенными: перевернутое изображение возникает вместе с прямым.

В оптически неоднородной среде световой луч изгибается так, что его траектория всегда оказывается обращенной выпуклостью в сторону уменьшения показателя преломления среды.

Если воздух у самой поверхности земли сильно нагрет и, следовательно, его плотность относительно мала, то показатель преломления у поверхности будет меньше, чем в более высоких воздушных слоях. Световой луч от некоторого участка голубого неба попадет в глаз наблюдателя, испытав указанное искривление. А это означает, что наблюдатель увидит соответствующий участок небосвода не над линией горизонта, а ниже ее.

Если воздух у самой поверхности земли или воды не нагрет, а, напротив, заметно охлажден по сравнению с более высокими воздушными слоями. Световые лучи в рассматриваемом случае изгибаются так, что их траектория обращена выпуклостью вверх. Поэтому теперь наблюдатель может видеть объекты, скрытые от него за горизонтом, причем он будет видеть их сверху.

Двойной мираж может возникнуть также в случае, когда у самой поверхности воздух сильно нагрет, выше охлажден, а еще выше снова нагрет. Показатель преломления воздуха с высотой сначала возрастает, а затем начинает уменьшаться. Под влиянием ветра и вертикальных воздушных потоков слой холодного воздуха может искажаться, изменять толщину, перемещаться по высоте. Поэтому как верхнее, так и нижнее изображения будут изменяться со временем, создавая картину, сменяющих друг друга видений.

## ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ВОЛЬТА

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: В.О. Вевенко, О.М. Коваль, О.Ю. Савицкий

Рук. доц. Т.Н. Шелест

Все знают, что если два электрода из разных металлов, например, медь и цинк и погрузить в обычную питьевую воду и замкнуть цепь, то получим самую простую батарейку. Еще в 1800 году итальянский учёный Алессандро Вольта опустил в банку с кислотой две пластинки – цинковую и медную – и соединил их проволокой. После этого цинковая пластина начала растворяться, а на медной стали выделяться пузырьки газа. Вольта предположил и доказал, что по проволоке протекает электрический ток. Так был изобретён «элемент Вольта» – первый гальванический элемент. Для удобства Вольта придал ему форму вертикального цилиндра (столба), состоящего из соединённых между собой колец цинка, меди и сукна, пропитанных кислотой. Вольтов столб высотой в полметра создавал напряжение, чувствительное для человека.

Многочисленные эксперименты убедили Вольта в том, что простого контакта металлов недостаточно для получения сколько-нибудь заметного тока; выяснилось, что непрерывный электрический ток может возникнуть лишь в замкнутой цепи, составленной из различных проводников: металлов (которые он называл проводниками первого класса) и жидкостей (названных им проводниками второго класса). Строго говоря, заряд металла, погруженного в раствор электролита, не связан однозначно со свойствами металла и раствора. Работа гальванического элемента основана на разности химических потенциалов, которые, в свою очередь, непосредственно определяются значениями энергии Ферми для металлов катода и анода и температурой. При контакте двух металлов электроны перемещаются из металла с большим уровнем Ферми в металл с меньшим уровнем Ферми. Процесс протекает до тех пор, пока уровни Ферми, а, следовательно, и химические потенциалы металлов не установятся на некотором новом одинаковом значении. Металлы приобретают равный и противоположный по знаку заряд, и на этом релаксация завершается. Нетрудно видеть, что если два проводника из разных металлов соединить в кольцо, то равновесная ЭДС в цепи будет равна нулю. Однако в галь-

ваническом элементе цепь замыкается через раствор электролита. На границе металл-раствор происходит обмен ионов между раствором и поверхностью металла. Скорости прямого и обратного процесса (называемые токами обмена) зависят от величины химического потенциала, как металла, так и раствора. В некоторых случаях прямой и обратный процессы могут протекать даже с участием разных веществ. В соответствии с изменением химического потенциала двух металлов при их контакте (то есть при замыкании цепи) изменяются и токи обмена: падает скорость одного и растёт скорость другого. (Отметим, что зависимость скорости обмена от величины потенциала экспоненциальная.) Таким образом, на одном электроде большая часть ионов переходит с поверхности в раствор, на другом – из раствора на поверхность. Одновременно происходит перетекание электронов через контакт между металлами в направлении уравнивания уровней Ферми. Процесс продолжается до тех пор, пока химические потенциалы в системе не уравниваются.

Предлагаем сделать несколько экспериментов. Для этого понадобятся медный электрод и цинковый электрод и вольтметр. Поместим два электрода в воду. Вольтметр покажет 0,89 В (0,18 мА). Причем напряжение такой пары не зависит от размеров электродов. От площади электродов будет зависеть только сила тока. Если заменить медный электрод графитовым вольтметр покажет 1,13 В (1 мА). Если поместить цинковый и медный электроды в солевой раствор, то можно получить 0,77 В и около 2 мА. Если заменить медный электрод графитовым, то можно получить 1,27 В и около 30 мА. Кроме того можно просто взять в ладони медный и оцинкованный провода и подсоединить их к выводам вольтметра. Вольтметр покажет 0,74 В. Для получения необходимого напряжения для потребителя необходимо взять несколько пар таких электродов и соединить их последовательно. В данном случае электрический ток возникает не в живых клетках, а в месте контакта разнородных металлов с электролитом, поскольку тканевые жидкости представляют собой раствор солей. При этом пот на руках вступит во взаимодействие с металлической поверхностью, и вольтметр покажет некоторое напряжение. Несмотря на то, что гальванические элементы известны уже давно, они по-прежнему представляют интерес особенно с появлением весьма экономичных и низковольтных электронных приборов массового пользования.

## ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ТЕЛО КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Е.А. Колесниченко

Рук. доц. Ю.В. Меншов

Проблема разумного использования энергии является одной из наиболее острых проблем человечества. Во-первых, истощаются производящие электричество ресурсы. Во-вторых, мы не можем в тех же темпах его производить дальше, иначе настанет тепловая катастрофа планетарного масштаба. Человечеству стоит заранее готовиться к будущему энергетическому голоду. Эффективное использование энергии потребителем - ключ к успешному решению экологической проблемы! Человеческое тело - генератор электричества. На обогрев непосредственно тела и его органов идет достаточно большая часть этого тепла - до 50%. Остальное просто рассеивается в атмосфере, независимо от нашего желания. Возможные пути использования энергии человеческого тела: 1) в настоящее время центральное здание Стокгольмского железнодорожного вокзала превращено в своеобразный экспериментальный полигон. Тепло выдыхаемого людьми углекислого газа используется в специальных теплообменниках; 2) широко используется две основных группы термоэлектрических генераторов: органические и неорганические; 3) фитнес-часы, которые используют для зарядки тепло тела человека и перепад температур с окружающей средой; 4) энергия кровяного давления. В Швейцарии в 2011 году исследователи из университета Берна разработали микротурбину, которая может быть имплантирована в артерии для генерации энергии из кровотока; 5) Pavegen – энергия шагов. Это сложная инженерная система напольного покрытия. Когда люди наступают на специальные плитки, их вес заставляет электромагнитные индукционные генераторы вырабатывать электричество. Ресурсы на планете Земля ограничены и нам нужно все больше и больше применять Зеленой энергии в повседневной жизни!

1. [http://elektrovesti.net/58121\\_7-proektov-kotorye-ispolzuyut-chelovecheskoe-telo-kak-istochnik-energii/](http://elektrovesti.net/58121_7-proektov-kotorye-ispolzuyut-chelovecheskoe-telo-kak-istochnik-energii/); 2. <https://www.popmech.ru/technologies/15817-teplo-chelovecheskogo-tela-stanet-istochnikom-elektroenergii/>; 3. <http://zaryad.com/2011/09/08/teplo-chelovecheskogo-tela-istochnik-besplatnoy-energii/>.

## ФИЗИКА В СПОРТЕ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Ю.В. Лукьяненко

Рук.: доц.Т.И. Храмова, ст.пр. С.С. Кривонос

Физика лыжного спорта относится к анализу сил, действующих на человека. Движение лыжника определено физическими принципами сохранения энергии и трения сил, действующих на тело.

Для того, чтобы добиваться лучших результатов в лыжных видах спорта необходимо учитывать сопротивление воздуха и силы трения. Источником движения лыжника является сила веса лыжника, а точнее её составляющая, направленная параллельно склону. Приложена эта сила к центру тяжести лыжника. Величина её тем больше, чем круче склон, по которому движется лыжник. Постоянно действуя на лыжника, она увлекает его по склону. Лыжнику на трассе первым делом придется встретиться с центробежной силой при повороте. Чтобы преодолеть её действие и не потерять время из-за заносов, лыжник должен поставить лыжи как можно круче к склону, врезаться кантами в снег.

Тормозят движение лыжника по склону силы трения, возникающие при движении лыж по снегу, и сила сопротивления встречного потока воздуха, приложенная в центре сопротивления тела лыжника воздушному потоку. Сила сопротивления встречного потока воздуха телу лыжника пропорциональна квадрату скорости движения лыжника, площади проекции тела на плоскость, перпендикулярную направлению скорости и аэродинамическому коэффициенту «лобового» сопротивления. Добиваясь на скоростных спусках более высоких скоростей, спортсмены стремятся уменьшить силы, тормозящие движение. Для этого прибегают к низким стойкам или к стойкам с большими наклонами туловища. При достаточно больших наклонах туловища возникает подъёмная сила тем большая, чем больше угол наклона. Это помогает спортсменам дополнительно повышать скорость, уменьшая давление на лыжи и тем самым облегчая скольжение. Прыгунов эта сила поддерживает в воздухе во время полёта, делая его плавным.

Знание законов физики помогает спортсменам-лыжникам совершенствовать технику и повышать свое мастерство.

## КАТУШКА ТЕСЛА НА ОДНОМУ ТРАНЗИСТОРІ АБО КАЧЕР БРОВІНА

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст. О. Горбенко

Кер. доц. С.Д. Гапаченко

Качер Бровіна – це оригінальний варіант генератора високочастотних електромагнітних коливань, який може бути зібраний на різних активних елементах, зокрема біполярних чи польових транзисторах, або електронних лампах (тріодах, пентодах). Зворотний зв'язок у ньому здійснюється включенням переходу емітер-база (при використанні транзистора) послідовно у коливальний контур.

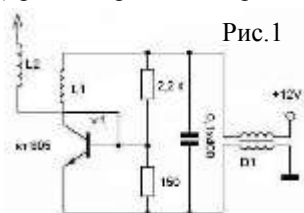


Рис.1

Цим контуром є котушка індуктивності. Вона резонує на частоті, яка визначається кількістю витків і міжвитковими ємностями. Діапазон частот генерації від 3 до 100 МГц.

Качер був розроблений радянським інженером В.І. Бровіним в 1987 р. як частина електромагнітного компаса. Принципова схема пристрою наведена на рис. 1. Зовнішній вигляд качера наведено на рис. 2. Сам Бровін так описував свій винахід: «У 1987 р. я вирішив розробити компас, який дозволяв би визначати сторони світу, використовуючи не зір, а слух. Я уявляв собі, що це повинен бути генератор звукової частоти, який змінює тон у відповідності з його розташуванням відносно магнітного поля Землі. В якості генератора звукової частоти використовувався блокінг генератор, який було зібрано за класичною схемою, але з колом зворотного зв'язку, де в якості сердечника індуктивності використано аморфне залізо, яке змінює магнітну проникність при величинах напруженості магнітного поля, що співвимірні з напруженістю магнітного поля Землі.



Рис.2

Звуковий компас працював при зміні орієнтації, як і було задумано... Аналіз властивостей отриманої схеми виявив багато невідповідностей у її роботі

загальноприйнятим поняттям. З'ясувалося, що сигнали на електродах транзистора, які виміряні на осцилографі відносно як позитивного, так і негативного полюсів джерела живлення, мали однакову полярність (транзистори *npr* мали позитивну полярність сигналу на колекторі, транзистори *pnp* – негативну). Індуктивність, яка знаходилась у колі колектора мала опір, близький до нуля. Генератор продовжував працювати при наближенні до сердечника сильного постійного магніта, який насичує сердечник, і блокінг процес повинен був завершитися за причини відсутності трансформації у колі зворотного зв'язку. У сердечнику не виявлявся гістерезис, мені не вдалося виявити його за фігурами Ліссажу. Амплітуда сигналу на колекторі перевищувала в п'ять і більше разів напругу джерела живлення.

По суті качер Бровіна є напівпровідниковим розрядником, розряд в якому проходить через кристалічну основу трансформатора, пропускаючи стадію появи електричної дуги. Найбільш цікавим є те, що після пробую кристал повертається в вихідний стан.

Сам Бровін надає таке пояснення процесів, які протікають у транзисторі: у качері транзистор неочевидним способом (так як виникнення ЕРС у приєднаній до бази транзистора котушці зворотного зв'язку теоретично все-таки здатне виділити його) повинен бути постійно закритим, а струм створюється накопиченням електричних зарядів в об'ємному просторі бази транзистора для подальшого розряду при перевищенні певної порогової напруги – тобто у транзисторі має місце лавинний пробій. Однак звичайні транзистори, які використовував Бровін, не мають режиму «лавинний пробій». У такому режимі використовуються спеціальні лавинні транзистори. Так як для качера можна використовувати не тільки біполярні, але й полярні транзистори, а також навіть електронні лампи, то вірогідно, що справа не в транзисторі, а в специфічно імпульсному режимі роботи схеми.

Таким чином, Бровін винайшов новий спосіб керування роботою транзистору.

Так як качер є високочастотним генератором високої напруги, то на його терміналі можна побачити коронний розряд. Також навкруги нього виникає досить сильне електромагнітне поле, яке викликає загоряння різних газонаповнених ламп та впливає на роботу різноманітних сенсорних пристроїв.

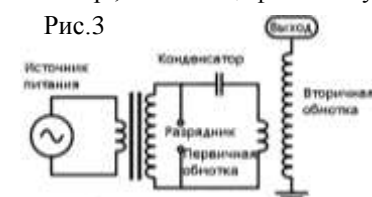


Рис.3

**НЕМНОГО О ГАРМОНИИ ЦВЕТА**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
**Ст.: В. Баева, В. Стародубов**  
**Рук.: ст. пр. К.А. Минакова, доц. Р.В. Зайцев**

*«Всё живое стремится к цвету».*  
*И.В. Гете*

Уильям Рэлей, известный своими исследованиями по физике, утверждал, что красный цвет крови и зеленый – травы составляют тайны, «в которые никто не может проникнуть. Но прошло около ста лет, и мы можем сказать, что этих тайн больше не существует. В своей работе мы попытаемся ответить на вопросы, как и почему возникает цвет, как с этим связана внутренняя структура молекул различных веществ. Цвет, как практически каждое сложное явление природы, имеет особенности, относимые нами к различным областям естествознания. Свойства светового луча, его природа, спектр, энергия, которую тот или иной луч несет, — это материал, изучаемый на уроках физики.

Окраска вещества и причины ее возникновения – это предмет изучения химии; природа восприятия цвета человеком – прерогатива биологии; воздействие цвета на человека – это область экологии. Таким образом, мы попытаемся ответить на некоторые вопросы, связанные с причиной возникновения цвета веществ и предметов с точки зрения физики. Цвет — качественная субъективная характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемая на основании возникающего физиологического зрительного ощущения, и зависящая от ряда физических, физиологических и психологических факторов. Индивидуальное восприятие цвета определяется его спектральным составом, а также цветовым и яркостным контрастом с окружающими источниками света, а также несветящимися объектами.

Субъективно воспринимаемый зрением цвет излучения зависит от его спектра, от психофизиологического состояния человека (влияют: фоновый свет/цвет, его цветовая температура; зрительная адаптация), и от специфических свойств индивидуального глаза. Различают ахроматические цвета (белый, серый, чёрный) и хроматические, а также спектральные и неспектральные (например, пурпурный или коричневатый цвет).

Думаю, что никто не будет возражать, что цвет зависит не только от того, как окрашен тот или иной предмет, но и от того, как и когда мы на него смотрим. В темноте все представляется черным. Стоит включить свет и мир предстает перед нашими глазами во всем великолепии всех цветов и оттенков. Значит, не малую роль в восприятии цвета играет свет. Возможно, разгадка и кроется здесь. Рассмотрим понятие свет с точки зрения физики.

Сколько радости и детям, и взрослым доставляет радуга, появляющаяся в небе после теплого летнего дождика. Разноцветная дуга, охватившая полнеба, вызывает в людях изумление перед природой и восхищение. Однако видеть радугу можно не всегда, а только в том случае, если солнце стоит невысоко и у вас за спиной. Это солнечные лучи, пройдя сквозь воздух и отразившись в капельках воды, возвращаются к нам разноцветной радугой. То, что свет отражается от воды, знает каждый, стоит лишь вспомнить блеск воды в речке, озере или море в ясный, солнечный день. Молекулы воды сливаются в капельки, а капельки — в водоемы, и уже достаточно несколько десятков метров воды, как наступают под водой сумерки. Вода частично отражает, а частично поглощает свет, и он слабеет, пробиваясь сквозь толщу воды.

Воздух состоит из газов и паров воды. Молекулы этих веществ также являются преградой свету, но преградой, конечно, несравненно более слабой, чем вода. Солнечный луч легко доходит до поверхности планеты через многокилометровый слой воздуха, но стоит только появиться облачку, и мы оказываемся в его тени. И все же воздух не просто пропускает свет, а взаимодействует с ним. Поначалу, когда луч солнца только начинает проникать в атмосферу, он не встречает препятствий: верхние слои атмосферы сильно разрежены и расстояние между отдельными молекулами газов очень велико. Чем ниже пробивается луч, тем больше препятствий на его пути, так как ближе к земной поверхности воздух становится все более плотным. Сталкиваясь с молекулами газов, лучи света частично отражаются от них (как и от молекул воды) и рассеиваются. Эти рассеянные лучи мы и воспринимаем как голубой цвет неба. Если же смотреть прямо на солнце, то оно кажется нам желтоватым, а на закате оранжевым. Это те солнечные лучи, что прорвались к нам сквозь всю толщу воздуха. По цвету заката старожилы могут с довольно большой долей вероят-

ности даже предсказать погоду на завтра. В этом нет ничего особенно удивительного. Ведь нагретый воздух менее плотен, и через него лучи света проходят с меньшими потерями. Если близок дождь, то атмосфера насыщена парами воды, а они сильнее задерживают и отражают свет. Цвет закатного неба будет в каждом случае различен: слои холодного и теплого воздуха отличаются по своей плотности и по-разному пропускают свет и по-разному его отражают. Случается, что лучи света отражаются от некоторых слоев воздуха, как от зеркала.

Воздух у нагретой солнцем поверхности менее плотен, чем находящиеся выше слои. Лучи света от освещенных солнцем предметов на поверхности земли отражаются от вышерасположенных воздушных слоев, как солнечный зайчик от зеркала, и возвращаются к поверхности уже за много километров от того места, где солнце освещает предметы. Обманчивые видения спасительных оазисов в пустыне — это отражения в атмосферном «зеркале» далеких реальных оазисов. Жители Лазурного берега Франции иногда видят в небе горы острова Корсика, хотя до него двести километров по морю. А однажды команда японского корабля, находившегося у восточных берегов Кореи, увидела силуэт высокой горы, находящейся на одном из островов Японии, до которого было чуть ли не тысяча километров.

Цвет того или иного участка радуги, как и цвет любого окрашенного вещества, определяется той длинной волны, энергия которой преобладает в данном излучении. Солнечный луч содержит в себе все цвета радуги или световые волны различной длины. Цвет соединений, имеющих одну полосу поглощения в видимой части спектра (при облучении дневным светом).

Таблица 1

Длина волны поглощения, нм	Энергия, кДж/моль	Цвет поглощенного света	Цвет вещества
400—435	299—274	Фиолетовый	Желто-зеленый
435—480	274—249	Голубой	Желтый
480—490	249—244	Зеленовато-голубой	Оранжевый
490—500	244—238	Голубовато-зеленый	Красный
500—560	238—214	Зеленый	Пурпурный
560—580	214—206	Желто-зеленый	Фиолетовый
580—595	206—200	Желтый	Голубой
595—605	200—198	Оранжевый	Зеленовато-голубой
605—750	198—149	Красный	Голубовато-зеленый

Обратите внимание, каждой длине волны соответствует определенная энергия, которую эти волны несут. Чем короче длина волны, тем больше энергии передает луч веществу при столкновении. Можно подсчитать, какую энергию несет свет той или иной длины волны. В 1900 М. Планк на основе своих наблюдений за поглощение света веществом и тепловым излучением пришел к выводу, что энергия света поступает к облучаемому веществу отдельными небольшими порциями. Такие порции энергии Планк предложил назвать квантами.

Если вещество способно поглощать только кванты определенной энергии, то этим однозначно определяется и цвет вещества. Когда белый свет, падая на какое-либо твердое тело, полностью рассеивается им, то такое тело кажется нашему глазу бесцветным, белым, неокрашенным. Наоборот, если все падающие на тело лучи им поглощаются, то получается впечатление черного цвета. Наконец, тела, поглощающие одни из падающих простых лучей и рассеивающие другие из них, кажутся нашему глазу цветными или окрашенными. Цвет является, таким образом, результатом избирательного поглощения определенных участков в непрерывном спектре падающего белого света.

#### Литература:

1. Гурский И. П., «Элементарная физика», «Наука», Москва, 1986
2. Перельман Я., «Занимательная физика», Москва, 1987.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1989. — 608 с.: ил.
4. Алешкевич В.А. Электромагнетизм. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 404 с. — ISBN 987-5-9221-1555-1.

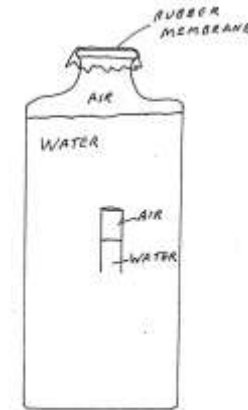


**ЕЩЕ РАЗ О «КАРТЕЗИАНСКОМ ВОДОЛАЗЕ»**  
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина  
Ст.: Д. Долгополова, А. Папуця, А. Федоренко  
Рук. доц. А.Р. Казачков

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА  
СЕКЦІЯ



«Картезианский водолаз» (*Cartesian diver*), одна из старейших среди популярных физических игрушек, названа в честь знаменитого французского ученого 17 столетия Рене Декарта (согласно латинской версии написания его фамилии, *Cartesius*, Картезий). Первоначальный дизайн «водолаза» представлял собой перевернутый открытым отверстием вниз маленький стеклянный сосуд, помещенный в заполненный водой высокий стеклянный цилиндр, герметично закрытый эластичной мембраной, Рис. 1. Самим водолазом могут быть стеклянные пробирки или бутылочки от медицинских препаратов, утяжеленные при необходимости металлической проволокой или др. средствами.



**Рис. 1.** Классическая версия «картезианского водолаза» [1].

При нажатии мембраны давление воды во внешнем сосуде увеличивается, и она поступает во внутренний сосуд (водолаз), сжимая воздух внутри него. Тем самым объем водолаза (корпус сосуда и воздух) уменьшается, и при правильном подборе условий водолаз теряет плавучесть, погружаясь вглубь внешнего сосуда. Аналогично, оттягивание мембраны вверх понижает давление и улучшает плавучесть.

честь водолаза. Если он изначально находился на дне сосуда, это может позволить водолазу всплыть. Такой сценарий использования игрушки принято называть *Cartesian riser*.

Настоящий ренессанс наступил для старой физической игрушки с массовым распространением тонкостенных герметически закрывающихся пластиковых бутылок. Их использование в качестве внешнего сосуда позволяет полностью отказаться от мембраны: для изменения давления в системе достаточно сжать стенки бутылки, причем их прочность допускает весьма существенные давления.

Разнообразие форм современных пластиковых контейнеров позволяет легко осуществить и такой совершенно контр-интуитивный эксперимент. Если сечение внешнего сосуда не круговое, а, например, эллиптическое (бутылки для шампуня), то сжатие его вдоль большой полуоси приведет к *увеличению* объема, а значит, к *уменьшению* давления в системе. Водолаз при этом не тонет, а поднимается [2].

Кроме экспериментального и качественного исследования «экзотических» картезианских водолазов, проект предусматривал расчеты по нахождению зависимости потенциальной энергии водолаза от глубины его погружения. На Рис.2. графически представлена полученная соответствующая зависимость в сравнении с аналогичной для закрытого водолаза такого же объема и длины.

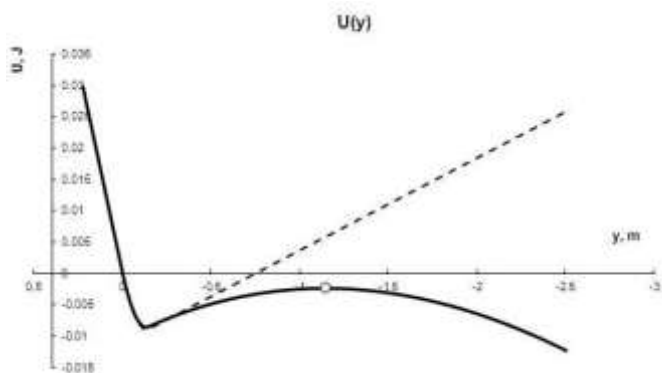


Рис. 2. Потенциальная энергия открытого (сплошная линия) и закрытого (пунктир) водолаза  $U$  как функция его глубины погружения  $y$ .

Видно, что в отличие от закрытого водолаза, потенциальная энергия открытого имеет не острый максимум (отмечен на рисунке круглым маркером), соответствующий равенству силы тяжести водолаза и действующей на него силы Архимеда: положение неустойчивого равновесия. Оказавшись на соответствующей глубине, водолаз зависает, но при малейших изменениях плавучести начнет двигаться вверх или вниз. Закрытый водолаз не имеет такого максимума потенциальной энергии, а значит является не потопляемым объектом, при избыточном погружении всегда возвращающимся к минимуму потенциальной энергии.

Эксперименты, проведенные на длинных (до 70 см.) закрытых резиновой мембраной трубках в качестве внешнего контейнера, показали отличное совпадение с расчетами. Отметим, что на Рис.2 приведены данные расчетов для водолазов, параметры которых соответствовали утяжеленным стеклянным пробиркам, использовавшимся в реальных экспериментах.

Характер зависимости потенциальной энергии водолаза от глубины его погружения позволил провести, возможно, несколько неожиданные аналогии с поведением систем, обладающих памятью формы [3]. При всей принципиальности физических отличий от соответствующих сплавов (нитинол и другие, включая современные органические соединения), восстановление первоначального состояния системы внешний контейнер-водолаз осуществляется аналогично, нагревом воздуха внутри водолаза, приводящим к его всплыванию.

### Литература.

1. Trowbridge L. Learning Cycle Science Activities for Elementary and Secondary Schools. Greeley, CO: University of Northern Colorado; 2001.
2. Kruglak H. The Rising Cartesian Diver. Phys. Teach. 13, 68 (1975).
3. Kazachkov A., Dolgoplova D., Fedorenko O., Moskalenko Ye., Paputsia A., Prudka K. Modeling of shape memory materials. Фізичні явища в твердих тілах. Матеріали XIII Міжнародної конференції (Харків, 5-8 грудня 2017 р.), с. 26.

## ОРГАННЫЙ КОНЦЕРТ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина<sup>1</sup>,  
Национальный технический университет «ХПИ»<sup>2</sup>  
Ст.: Д. Долгополова<sup>1</sup>, К. Прудкая<sup>1</sup>, А. Папуця<sup>1</sup>,  
К. Сергеева<sup>1</sup>, С. Пироженов<sup>1</sup>, Я. Астахова<sup>1</sup>, С. Филатов<sup>1</sup>,  
К. Лапитан<sup>1</sup>; И. Нагорняк<sup>2</sup>, Н. Майстренко<sup>2</sup>, В. Коваленко<sup>2</sup>,  
Б. Кузьменко<sup>2</sup>  
Рук.: доц. А.Р. Казачков<sup>1</sup>, проф. Е.С. Сыркин<sup>2</sup>,  
доц. А.П. Поспелов<sup>1</sup>, доц. А.Е. Пиротти<sup>1</sup>

Органы – невероятно величественные и одни из древнейших музыкальных инструментов. Их история насчитывает несколько тысяч лет. Эти произведения инженерного искусства очень различались размерами и формами, и с годами их звучание становилось всё более разнообразным. В сложных конструкциях органов используются несколько тысяч металлических и деревянных труб, длиной от 20 сантиметров до 18 метров.

Прототипом органа были инструменты, в которых каждая трубка предназначалась для звучания на одной определённой ноте. Простейший из таких инструментов – это свирель (или «флейта Пана»), которая обычно имеет около 20 трубок различной длины, закрытых с одного конца и издающих звуки, если дуть поперёк другого, открытого конца.

Для того, чтобы сделать «орган для физика», нужно рассмотреть его отдельные принципиальные составляющие: трубы разной длины. Мы использовали 2 набора труб: от 28 см (Ре 1й октавы) до 19 см (Ля 1й октавы) и от 16 см (До-диез 2й октавы) до 7 см (Ре 3й октавы). В нашей работе мы рассмотрели образование стоячих волн в трубах и зависимость частоты звука, издаваемого трубой, от ее длины.

Если ударить сверху по одному из концов трубы рукой, то она издаст звук, соответствующий некоторой музыкальной ноте, которая зависит от длины трубы. Таким образом мы вызываем колебания воздуха, а именно, стоячую звуковую волну.

Стоячие волны возникают при отражении бегущих волн от преград в результате наложения отражённой волны на прямую. Различные участки волны колеблются в одной и той же фазе, но с раз-

личной амплитудой. В стоячей волне, в отличие от бегущей, не происходит течения энергии.

В стоячих волнах существуют особые точки: узлы (точки, где колебания отсутствуют) и пучности (точки с максимальной амплитудой). Узлы и пучности располагаются в трубе на расстояниях четверти длины волны, причём у твёрдой стенки (той, которую мы закрыли рукой при ударе) всегда образуется узел.

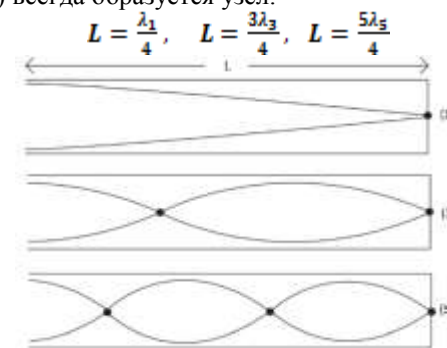


Рис.1 Стоячие волны в трубе с одним закрытым концом: (1) главная или первая гармоника, (3) третья гармоника, (5) пятая гармоника.

Стоячие волны в такой системе порождают ряд частот (гармоник) и, так как на открытом конце не могут находиться узлы стоячей волны, образуются только нечетные гармоники, частоты которых соотносятся с длиной трубы следующим образом:

$$f_1 = \frac{v}{4L}, f_3 = \frac{3v}{4L}, f_5 = \frac{5v}{4L}, \dots, f_{2n+1} = \frac{(2n+1)v}{4L}, \text{ где } n = 0, 1, 2 \dots$$

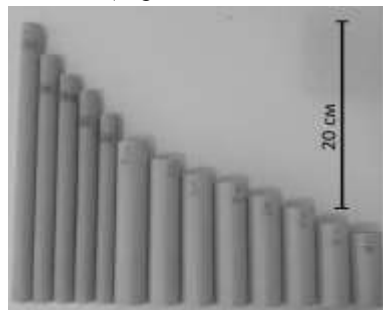
Так как основной тон задает именно первая гармоника, на ее частоту мы и ориентировались при изготовлении трубы, соответствующей определенной ноте. В целях единства настройки музыкальных инструментов во всем мире в 1938 году принят тон, соответствующий частоте 440 Гц. Так звучит ля первой октавы. Инструмент для фиксации и воспроизведения эталонной высоты звука называется камертон. Звук именно этой частоты мы слышим перед началом выступления оркестра, когда настраиваются инструменты.

Интересно, что слышимая частота звука в трубе зависит еще и от способа извлечения звука. Так, если дуть поперек одного из концов трубы (как во «флейте Пана») с двумя открытыми концами, частота основного тона будет в два раза больше, чем при предыдущем типе извлечения звука, для трубы той же длины, а частота гармоник будет в общем виде выражаться так:

$$f_{2n} = \frac{2nv}{4L} = \frac{nv}{2L}, \text{ где } n = 0, 1, 2 \dots$$

Это связано с тем, что на открытых концах трубы не может возникать узлов стоячей волны, и получаются волны только четных гармоник.

В работе над проектом мы произвели расчеты длин труб, соответствующих известным частотам определенных нот и исследовали соответствие экспериментальных данных при измерении частоты звука в трубках нашим расчетам. Нам удалось убедиться в наличии нескольких доминирующих частот (главной гармоник и следующих после нее) и в изменении частоты звука для трубы с двумя открытыми концами (впрочем, это явно слышно даже на качественном уровне).



«Физический» концерт происходит следующим образом. Каждый из студентов-участников получает одну трубку определенной длины, издающую звук соответствующей высоты. «Дирижер», в соответствии с нотами произведения, дает команду на извлечение звука «музыкантам». В данном эксперименте задействованы эмо-

циональная и эстетическая сферы личности непосредственных участников и всей аудитории, что существенно повышает познавательную активность студентов.

1. Don Rathjen, Paul Doherty, Esther Kutnick, Exploratorium Teacher Institute Square Wheels: And Other Easy-to-build, Hands-on Science Activities. Exploratorium Science Snackbook p.59-62 (2008)

2. С.Н.Ржевкин Курс лекций по теории звука. Издательство московского университета (1960).

3. Дж.В.Стреет (лорд Рэлей) Теория звука Том 2. Москва, Государственное издательство технико-теоретической литературы (1955).

## МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ЗАКОНІВ ТА ЯВИЩ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна

Ст. А.С. Колісник

Кер.: ст. викл. В. І. Лимар, С.Л. Колісник

Основною метою даної роботи є реалізація принципу доступності візуального сприйняття законів поширення та властивостей світла. Завдання роботи: аналіз наукової, методичної літератури та інтернет-джерел щодо можливостей візуалізації законів поширення та властивостей світла; розробка рекомендацій з використання оптичного обладнання «ОПТИКОС» при вивченні розділу «Світлові явища» у шкільному курсі фізики; теоретичне та практичне моделювання явищ «Міраж» та «Веселка»; поповнення матеріально-технічної бази кабінету фізики.

Проведені нами дослідження та запропоновані нами способи моделювання оптичних законів та явищ у лабораторних умовах дали можливість створити необхідні умови для проведення дослідів з вивчення прямолінійного поширення, відбивання, заломлення світла, визначення фокусної відстані та оптичної сили тонкої лінзи, утворення кольорової гами світла, виготовлення найпростіших оптичних пристроїв та розробити алгоритми моделювання таких природних явищ як «Веселка» та «Міраж». Перспективність даної роботи – це подальша розробка та застосування в навчальному процесі подібного обладнання та підходів до моделювання фізичних процесів як з теми «Світлові явища», так і з інших розділів шкільного курсу фізики, що в свою чергу призведе до популяризації фізики та зробить науку більш цікавою та захопливою.

1. Академічний тлумачний словник – Режим доступу: <http://sum.in.ua>; 2. Божинова Ф. Я. Фізика. 7 клас: Підручник / Ф. Я. Божинова, І. Ю. Ненашев, М. М. Кірюхін. – Х.: Видавництво «Ранок», 2007. – 192с.; 3. Вуд Р.Л. Физическая оптика.: Монография / Вуд Р.Л.; –М.: ОНТИ, 1936. 895 с.; 4. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org>; 5. Дмитрієва В.Ф. Фізика: Навч. посіб./Дмитрієва В.Ф. – К.: Техніка, 2008.- 648с.; 6. Майер В.В. Свет в оптически неоднородной среде: учебные исследования. / Майер В.В. – М.: Физматлит, 2007. – 232 с.; 7. Методика навчання фізики в середній школі – Режим доступу: <http://fizmet.org/L6.htm>; 8. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. Астрономія. 7-11 класи. – К.: Перун, 2005 - <http://class-fizika.spb.ru>; 9. <http://www.babylessons.ru/opyty-i-igry-s-volchkami/>; 10. <http://rifmovnik.ru/lib/2/book.htm>; 11. <http://www.youtube.com/watch?v=uFhOPmVGtU>; 12. <http://www.youtube.com/watch?v=WYZWDEmLR90>; 13. <http://www.youtube.com/watch?v=GwZyYjzSvZk>.

## ДЕМОНСТРАЦИЯ ТОКОВ ФУКО

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: П.И. Дегтярь, Д.М. Майборода

Рук.: доц. И.В. Галушак, доц. Ю.В. Меньшов

В результате явлений самоиндукции и взаимной индукции в массивных образцах находящихся в зоне действия переменного электрического тока или переменного магнитного поля возникает переменное электрическое поле – вихревые токи (токи Фуко). Как известно эти вихри электрических зарядов приводят во-первых, к разогреву массивных образцов, во-вторых, к возникновению вращательных моментов или выталкивающих сил (проявление правила Ленца), в-третьих, при повышении частоты переменного тока вихревые токи стремятся выталкиваться в поверхностные слои материала.

Варианты демонстрации вихревых токов: **1.** Вблизи соленоида, подсоединенного к источнику переменного тока, помещают поочередно массивный сплошной образец проводника и образец, сложенный из отдельных изолированных пластин. Сплошной образец постепенно нагревается и «гудит»; **2.** Демонстрация сердечника трансформатора и ротора электродвигателя. Оба изготовлены из отдельных пластин; **3.** Кольцевой пустотелый контур с рукояткой-держателем. В кольце имеются отверстия малого диаметра. Если кольцо заполнить водой и поместить в переменное поле соленоида, то под действием токов Фуко кольцо разогревается и вода закипает; **4.** Кубик, сделанный из отдельных изолированных проводящих пластинок. В центре граней сделаны крючки для подвешивания кубика между полюсами мощного электромагнита. В зависимости от взаимного положения вектора индукции магнитного поля и направления соединения пластин кубика, кубик либо поворачивается, либо висит неподвижно; **5.** Сплошной диск с осью вращения, одновременно размещенный между обмотками электромагнита и постоянным магнитом. При пропускании переменного тока через электромагнит в диске индуцируются вихревые токи. Магнитное поле этих токов взаимодействует с полем постоянного магнита и диск вращается.

1. Трофимова Т.И. Курс физики :учеб. пособие для вузов / – 11-е изд. – М.:Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с., 2. <https://mephi.ru/students/vl/physics>, 3. [gamemag.ru/news/.../fizicheskie-demonstracii](http://gamemag.ru/news/.../fizicheskie-demonstracii).

## УСТРОЙСТВО ДАТЧИКА БРОВИНА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ДЕМОНСТРАЦИЙ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. С.В. Гайваронский

Рук.: доц. А.Н. Андреев, доц. О.Н. Андреева

«Природа проста в своих законах,  
но бесконечна в своих приложениях»  
Г.В. Лейбниц

Несмотря на то, что с момента первых экспериментов Тесла по проводной и беспроводной передаче электроэнергии прошло более 100 лет эта тема не теряет актуальности и на сегодняшний день. Так в 1993 г. В.И. Бровин сконструировал и получил патент на устройство, преобразующее энергию источника постоянного напряжения в энергию высокочастотного электромагнитного поля в окружающем пространстве, которое Патентное ведомство назвало «Датчик Бровина», а сам изобретатель – «качер (качатель реактивности)».

Целью данной работы являлось – проектирование, настройка схемы качера и демонстрация с его помощью самостоятельных газовых разрядов.

Качер представляет собой автогенератор с индуктивной обратной связью, в котором используется явления резонанса. Основными элементами качера являются:

катушки индуктивности (вторичная  $L_1$  и первичная  $L_2$ ) и транзистор (рис. 1). Для катушки *вторичной обмотки* использовался медный провод толщиной 0,21 мм покрытый слоем изоляционного лака. Намотка катушки проводилась «виток к витку» на диэлектрическое основание (пластиковая труба диаметром  $d = 7$  см). Было намотано 830 витков, высота катушки составила 17,5 см. *Первичная обмотка* – это бескаркасный соленоид, состоящий из 5 витков проволоки

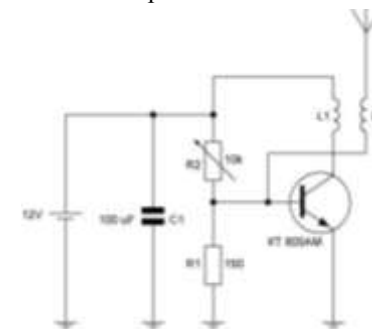


Рис. 1. Электрическая схема качера.

$d = 2$  мм. Первичная и вторичная катушки закреплялись на основании так чтобы, направление намотки витков совпадало. Поскольку при работе качера транзистор сильно нагревается, то для его охлаждения использовался алюминиевый радиатор. Транзистор жестко крепился на радиатор, на который была нанесена теплопроводящая паста в месте крепления транзистора. Настройка качера производится путем подбора сопротивления резистора  $R_2$ .

В зависимости от способа «оформления» свободного (неподключенного) конца вторичной катушки можно продемонстрировать различные виды газовых разрядов. Так, оставленный свободным конец катушки (или припаянная к нему игла), дает возможность наблюдать «*стример*» - тускло светящиеся тонкие разветвленные каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и свободные электроны. Внося в поле качера трубки, наполненные различными инертными газами, можно наблюдать *тлеющий разряд* и демонстрировать беспроводную передачу электрической энергии. Для демонстрации *дугового разряда* необходимо к свободному концу вторичной катушки приблизить заземленный предмет. Если прикоснуться этим предметом к проводу появится дуга, а медленное отведение предметов друг от друга будет увеличивать её длину.

Качер и устройства на его основе могут использоваться в качестве источников высоковольтного высокочастотного напряжения и источников высокочастотного электромагнитного поля.

При работе качер создает сильное электромагнитное поле, из-за которого наблюдаются нарушения в работе сотовых телефонов, фотоаппаратов, планшетов и выделяется озон, который легко ощутить по соответствующему запаху.

Таким образом, в работе были рассмотрены особенности устройства и принципа работы качера. Осуществлен монтаж соответствующих элементов и продемонстрированы различные виды самостоятельных газовых разрядов.

1. Бровин В.И. Качер-технология и ее применение в больших сложных системах. / В. И. Бровин // Проблемы управления безопасностью сложных систем: сб. науч. тр. XIV междунар. конф., М.: РГГУ, 2006. – С. 502–505; 2. Бровин В.И. Явление передачи энергии индуктивностей через магнитные моменты вещества, находящегося в окружающее пространство, и его применение, М.: «МетаСинтез», 2003г., 20 с.; 3. Райзер Ю.П. Физика газового разряда, М.: Наука, 1992 г., 536 с.

## ПРОВОЛОЧНЫЙ МОТОР

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: В.Р. Шаповалов, Е.А. Ковкин

Рук.: доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривонос

Проволочный мотор – исключительно изящная в своей лаконичности конструкция. Каждый элемент в ней выполняет несколько функций. Батарейка служит источником питания, увесистым статором и опорой для ротора. Магнит – это и источник постоянного магнитного поля. Наконечник проволочная рамка – это отличный ротор со встроенными щетками. На проводник с электрическим током, находящийся в магнитном поле постоянного магнита, действует сила Ампера, заставляющая его перемещаться.

Для опыта понадобится батарейка, круглый неодимовый магнит, медный провод в лаковой изоляции, а также неизолированный провод.

Из медного провода необходимо намотать катушку (15-20 витков), оставляя свободными по 5 см провода с каждого конца. Медь хорошо проводит ток, но не притягивается к магниту. На концах острым ножом необходимо удалить верхнюю половину изоляции, оставляя нижнюю половину в эмалевой изоляции. Тоже самое сделайте со вторым концом катушки, наблюдая за тем, чтобы неизолированные концы провода были направлены вверх у двух свободных концов катушки.

Также необходимо изготовить поддержку для катушки из неизолированного провода, так как кроме поддержки катушки они должны доставлять ей электрический ток. Затем необходимо катушку расположить на двух держателях, изготовленных из неизолированного провода. Эти держатели будут присоединены к разным концам батареи, так, чтобы электрический ток мог проходить от одного держателя через катушку к другому держателю. Но это будет происходить только тогда, когда неизолированные половины провода будут опущены вниз, касаясь держателей.

Положите сверху аккумулятора магнит и аккуратно подтолкните катушку... Если все сделано правильно, **катушка начнет быстро вращаться!** Надеемся, что у Вас, как и в нашем эксперименте, все заработает с первого раза.

## МАЯТНИК АЙРИ СВОИМИ РУКАМИ И МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ЗАПИСИ ВЗАИМНОПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. В.И. Алексеев

Рук.: доц. Н.Б. Фатянова, доц. А.Я. Дульфан

Простейшим видом колебательного процесса в механике являются гармонические колебания. В механике гармоническое колебание задается уравнением:

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

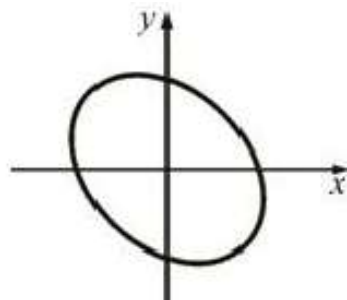
где:  $x$  – смещение тела от положения равновесия,  $x_m$  – амплитуда колебаний,  $\omega$  – циклическая или круговая частота колебаний,  $t$  – время.

Рассмотрим случай сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний. Обозначим переменные величины первого колебания в уравнении индексом 1, второго колебания, – индексом 2. В результате алгебраических преобразований, окончательное уравнение является уравнением эллипса, оси которого ориентированы относительно  $x$  и  $y$  произвольно:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos \Delta \varphi = \sin^2 \Delta \varphi$$

Для записи сложения взаимно перпендикулярных колебаний в физической практике часто используется осциллограф. В данной работе рассматривается способ записи сложения таких колебаний с помощью маятника Айри, собранного вручную при подготовке эксперимента (рис. 2.)

Маятник Айри состоит из двух частей. Верхняя, благодаря двум подвесам может колебаться лишь в плоскости, параллельной оси ОУ. Нижняя может колебаться и в этой плоскости, вместе с верхней частью, и в плоскости, параллельной оси ОХ и перпендикулярной оси ОУ. Нижняя часть маятника имеет меньшую длину, поэтому, частота



колебаний нижней части больше, чем частота колебаний всего маятника.

С помощью данной конструкции можно сложить два взаимно перпендикулярных колебания и посмотреть, какую траекторию описывает частица. Воронка с отверстием, являющаяся «грузом» маятника Айри, для наглядности можно заменить на пластиковую бутылку и наполнить песком. Получившуюся в результате эксперимента фигуру принято называть фигурой Лиссажу (рис. 3).

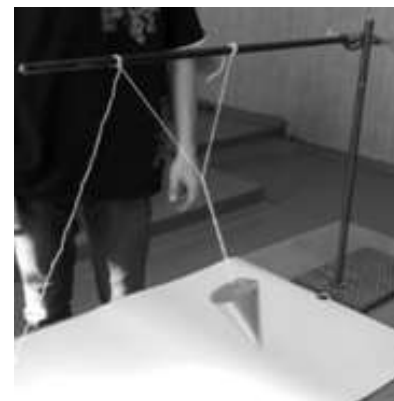


Рис. 2



Рис. 3

## СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



## ВІРТУАЛЬНІ ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З ФІЗИКИ НА ПЛАТФОРМІ UNITY

Національний технічний університет «ХПІ»  
Ст.: Д.О. Зибенков, О.С. Анан'єв, М.К. Силін  
Кер. проф. О.П. Сук

**Мета роботи** – розробити та впровадити в навчальний процес віртуальні лабораторні роботи з курсу загальної фізики на платформі ігрового програмного комплексу Unity.

Застосування віртуальних (комп'ютерних) лабораторних робіт (далі ВЛР) у навчальному процесі є одним з основних трендів сучасної освіти. Особливо важливу роль вони відіграють у дистанційному навчанні [1]. На кафедрі фізики НТУ «ХПІ» ВЛР активно впроваджуються протягом останніх десятиріч [2].

Найкращих результатів при розробленні ВЛР з природничих наук можна досягти за використання спеціалізованих програмних комплексів COMSOL Multiphysics, LabVIEW тощо. Проте зазначені середовища є доволі складними та вартісними, тому постійно ведеться пошук простіших і, за можливості, безкоштовних програмних платформ, використання яких дає змогу виготовити якісні ВЛР. Однією з них є «ігровий рушій» Unity3D. Він має широкий спектр інструментів для дизайну 2D- і 3D- сцен, вибудовування сюжету і анімаційних роликів, освітлення, звукового оформлення, роботи з графічними об'єктами, системами частинок та потужну систему анімації з монтажним столом. Нажаль Unity не має спеціалізованих інструментів для моделювання фізичних явищ, тому виготовлення ВЛР з його допомогою завжди потребує додаткових теоретичних та експериментальних досліджень.

На пілотному етапі для з'ясування можливостей Unity було обрано три ВЛР з механіки та електромагнетизму. Реальні аналоги цих робіт описано в посібнику [3] за назвами «Вивчення руху тіла зі змінною масою», «Дослідження поляризації діелектриків», «Визначення магнітної сприйнятливості парамагнітної рідини». Зазначений вибір дав змогу розширити номенклатуру лабораторних робіт практикуму кафедри фізики.

ВЛР є саме аналогами реальних робіт, оскільки існує істотна кількість чинників, які вкрай важко, або навіть неможливо



змодельовати. Насамперед йдеться про випадкові похибки, що завжди супроводжують виконання реальних робіт. Тому доводилось вдаватися до певних хитрощів, щоб симулювати правдоподібний перебіг фізичних процесів.

У доповіді детально описано процес розроблення, виготовлення та виконання обраних ВЛР, перебіги робіт продемонстровано на відповідних комп'ютерних моделях. На рис. 1, як приклад показано стартові робочі столи двох виготовлених симуляторів.



Рис. 1. Стартові робочі столи віртуальних лабораторних робіт  
а) ВЛР «Вивчення руху тіла зі змінною масою»; б) ВЛР «Визначення магнітної сприйнятливості парамагнітної рідини»

Проведені дослідження дають змогу висувати, що ігровий програмний комплекс Unity є цілком придатним для виготовлення симуляторів навчальних ВЛР. Його недоліки, зокрема відсутність інструментів для побудови моделей фізичних процесів на основі теоретичних співвідношень, складність рандомізації результатів вимірювань тощо, можуть бути подолані через залучення додаткових програмних засобів та виконання нескладних експериментальних досліджень.

[1]. ICT Enhanced Learning / Monograph / Eds. Danguole Rutkauskiene, Oleksandr Suk, Daina Gudoniene - Kharkiv, "Planeta print, 2017. – 312 p.; [2]. Сук А.Ф., Синельник І.В., Синельник А.В. Комп'ютерний лабораторний практикум по фізиці / Учеб. - метод. пособие. – Харьков: «Точка», 2011. – 247 с.; [3]. Мамалуй А.О., Храмова Т.В., Сук О.П. та ін. Загальна фізика. Лабораторний практикум: навч. посібник: у 3 ч. Ч.1: Класична механіка. Термодинаміка і статистична фізика. Електрика та магнетизм / за заг. Ред. А.О. Мамалуй –Х.: Підручник НТУ «ХП», 2012 – 352 с.

## ДО ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИМІРЮВАННЯ ОКРЕМИХ ПАРАМЕТРІВ СУЧАСНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ

Харківський національний університет радіоелектроніки<sup>1</sup>,  
Харківський національний університет Повітряних Сил  
ім. Івана Кожедуба<sup>2</sup>

Ст.: Є.Ю. Мельник<sup>1</sup>, В.В. Небрат<sup>1</sup>

Кер. доц. Д.С. Сидоренко<sup>2</sup>

Наш час характеризується стрімкою появою новітніх технологій у всіх галузях сучасної науки і техніки. Особливої активності даний процес набуває у галузі інформаційно-комунікаційних технологій.

Антенно-фідерні пристрої є невід'ємною частиною будь-якої радіотехнічної системи і значною мірою визначають її можливості та технічні характеристики. Прикладами таких систем є системи радіозв'язку, радіомовлення, телебачення, радіорелейного зв'язку, радіолокації, радіоастрономії, радіонавігації та ін.

За останні десятиріччя техніка антенних пристроїв пройшла великий і складний шлях. Використання нових діапазонів хвиль, нові технології в радіотехніці завжди спричиняли вдосконалення старих і появу принципово нових антенних пристроїв.

При розробці та впровадженні антенних пристроїв найчастіше постає питання контролю та вимірювання основних параметрів антен. При традиційному підході слід використовувати нерухому передавальну антену, а на приймальному боці необхідно здійснювати поступове обертання приймальної антени навколо власної осі із обов'язковим нотуванням результатів, що відображаються на вимірювальному обладнанні. Усе це унеможливило швидкий аналіз параметрів антен та впливу на них навколишніх поверхонь (відбиваючих або поглинаючих електромагнітні хвилі).

Враховуючи вищезазначене, актуальною проблемою є завдання створення автоматизованої вимірювальної системи, яка була б компактною, багатофункціональною та невисокої вартості, та надавала б можливість працювати із більшістю відомих типів антен (вібраторних, щілинних, апертурних тощо) і здійснювати обробку результатів засобами ПЕОМ.

Розглянемо особливості побудови та функціонування автоматизованого стенду для вимірювання окремих параметрів сучасних антенних систем (рис.1).

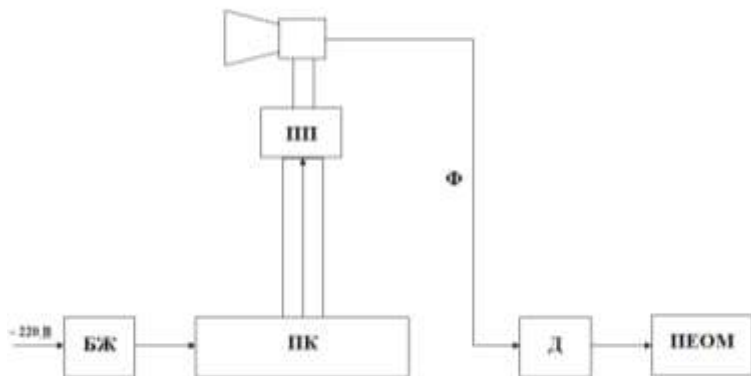


Рис.1 – Структурна схема стенду.

Весь стенд (окрім ПЕОМ) живиться від блоку живлення (БЖ), який працює від загальної мережі.

ПК – пристрій керування. Дозволяє здійснювати контроль та управління двигуном поворотного пристрою (ПП).

ПП – поворотний пристрій. Використовується для обертання антен навколо власної осі у горизонтальній площині. Складається з мотора та редукторної системи.

Ф – фідер. Спрямовуюча система для сигналів високої частоти.

Д – детектор сигналів. Призначений для позбавлення сигналу, що приймається, від модуляції.

ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина. У даному випадку використовується для вимірювання та обробки результатів досліджень.

Після підключення стенда до мережі живлення слід увімкнути поворотний пристрій. Це можна здійснити з панелі пристрою керування.

Антенна починає поступово обертатися навколо власної осі. Електромагнітні хвилі, що створюються генератором та передаваль-

ною антенною, вловлюються та трансформуються приймальною антенною на високочастотні сигнали, які, в свою чергу, надходять за допомогою фідера на детектор.

Після детектування сигнал надходить на вхід аудіокарти ПЕОМ, яка за допомогою спеціального програмного забезпечення проводить вимірювання сигналу в кожен встановлений користувачем момент часу та забезпечує побудову діаграми спрямованості досліджуваної антенної системи в полярних координатах.

Програмний пакет PolarPlot призначений для експериментального визначення напруженості електромагнітного поля, що створюється антенною (рис.2).

Принцип побудови діаграми спрямованості базується на записі змінюваного рівня продетектованого сигналу у визначені моменти часу.

Сигнал необхідно подавати до входу «line in» на звуковій карті ПЕОМ через кабель. Точність вимірювань залежить від лінійності звукової карти.

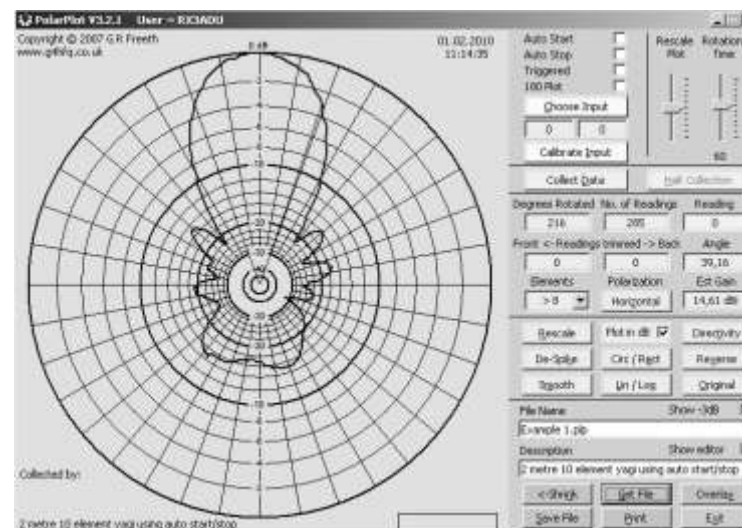


Рис.2 – Інтерфейс програмного пакета Polar Plot.

Щоб зняти діаграму спрямованості передавальної антени, антена приймальна антена повинна мати поворотний пристрій.

Оскільки кожен поворотний пристрій має власну швидкість обертання, то програма має можливість компенсації цих відмінностей.

Для побудови графіків у полярних координатах програма проводить до 360 вимірювань значення напруженості електромагнітного поля. Час проведення дослідження є змінним і задається користувачем.

Повинні бути вжиті відповідні заходи обережності, щоб уникнути пошкодження комп'ютера. Зокрема, корпус приймача і комп'ютера необхідно «розв'язати» конденсаторами, або ще краще трансформаторами.

Аналізатор рівня сигналу PolarPlot має 1000 дискретних значень. Градації рівня відображаються різними кольорами.

Оскільки під час проведення досліджень можуть виникати стрибки рівня сигналу, програма має вбудовану функцію згладжування (апроксимації) значень.

Численні дослідження дозволяють зробити висновок, що розрахункові діаграми спрямованості антенних систем (наприклад, за допомогою ПП ММАНА) із заданою точністю співпадають з результатами експериментальних досліджень

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Моделирование антенн и элементов тракта: Учебно-методическое пособие для выполнения курсовых и самостоятельных работ по учебным курсам «Устройства СВЧ и антенны» и «Антенно-фидерные устройства». / Под ред. Шишакова К. В. – Ижевск : ИжГТУ, 2009. – 127 с.

2. Сидоренко Д.С. Віртуальні лабораторні комплекси в галузі радіотехніки, електроніки та телекомунікацій. Монографія. Том 1. – Х.: Найкраще місто, 2014. – 451 с.

## ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛЯННОЙ ПЛАСТИНКИ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. В.В. Дементьева

Рук.: доц. А.Н. Андреев, доц. О.Н. Андреева

Интерференция света представляет собой пространственное перераспределение энергии светового излучения при наложении когерентных световых волн, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других – минимумы освещенности. Интерферометрия находит широкое применение в различных областях науки и техники. В данной работе явление интерференции используется для определения показателя преломления толстой стеклянной пластинки.

Если на плоскопараллельную пластинку падает свет, то вследствие наложения световых лучей, отраженных от передней и задней плоскостей пластины, возникает интерференционная картина в виде полос равного наклона. На рис.1 представлен ход лучей в измерительной установке. Лучи 1 и 2 после прохождения через окуляр падают на стеклянную пластинку в точках E и D. Отражаясь в точке C от задней поверхности стеклянной пластинки и преломляясь в точке B луч 2 встречается с лучом 1 на экране в точке M. Оптическая разность хода будет:

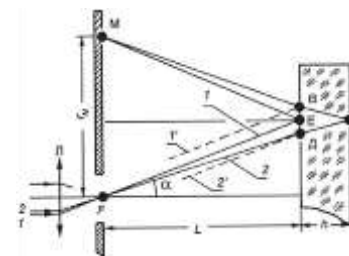


Рис. 1. Ход лучей в установке.

$$\Delta = 2DCn - 2(FE - FD) + \frac{\lambda}{2}, \quad (1)$$

где  $n$  – показатель преломления стеклянной пластинки;  $\lambda$  – длина волны падающего излучения.

Поскольку, в реальной установке угол  $\alpha$  мал и  $L \gg h$ , то можно считать, что углы падения лучей на пластинку равны, тогда оптическая разность хода равна:

$$\Delta = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

где  $h$  – толщина стеклянной пластинки;  $\alpha$  – угол падения.

Учитывая соотношение (2), условие интерференционного минимума  $m$ -го порядка в точке  $M$  можно представить в виде:

$$\Delta = 2hn \left( 1 - \frac{\sin^2 \alpha}{2n^2} \right) + \frac{\lambda}{2} = (2m+1) \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

Из рис.1 видно, что  $\operatorname{tg} \alpha \cong \sin \alpha = \frac{r_N}{2L}$ , где  $r_N$  – радиус  $N$ -го интерференционного кольца;  $L$  – расстояние от пластинки до экрана.

Выполняя преобразования, получаем формулу для определения диаметра темных колец  $D_N$ :

$$D_N^2 = \frac{16L^2 n \lambda}{h} \left( \frac{2hn}{\lambda} - m \right). \quad (4)$$

Из (4) видно, что в центре интерференционной картины располагаются кольца, соответствующие бóльшим порядкам интерференции ( $m$ ). В рассматриваемой схеме направлению к центру интерференционной картины соответствует наибольшая разность хода световых волн  $2hn$ , следовательно, максимальный порядок наблюдаемого минимума интерференционной картины будет  $m_{\max} = \frac{2hn}{\lambda}$ .

Тогда выражение (4) можно представить в виде:

$$D_N^2 = \frac{16L^2 n \lambda}{h} (m_{\max} - m). \quad (5)$$

При измерениях, положение колец на экране определяют по их порядковому номеру  $N$ , отсчет начинается с первого, видимого на экране темного кольца. Если на отверстие в центре экрана попадает  $N_0$  ненаблюдаемых минимумов интерференции, то первому наблюдаемому темному кольцу можно приписать номер  $N_0+1$ , а кольцу максимального порядка –  $N+N_0$ . В центре экрана при этом находится нулевое кольцо порядка  $m_{\max}$ . С учетом этого диаметры темных колец:

$$D_N^2 = \frac{16L^2 n \lambda}{h} (N_0 + N) = \frac{16L^2 n \lambda}{h} N_0 + \frac{16L^2 n \lambda}{h} N = D_{N_0}^2 + bN. \quad (6)$$

Для наблюдения интерференционной картины была собрана установка, схема которой представлена на рис. 3. Выходное излучение лазера 1 направляется на модуль 2, состоящий из экрана с централь-

ным отверстием, в котором находится окуляр микроскопа, преобразующий параллельный пучок света в расходящийся. Световые волны,

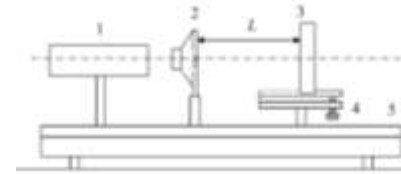


Рис. 2. Схема установки.

отражающиеся от передней и задней поверхностей пластинки 3, расположенной на поворотном столике 4, являются когерентными. Поэтому на экране 2 возникает интерференционная картина в виде концентрических чередующихся светлых и темных колец.

Все элементы установки размещались на оптической скамье 5 для упрощения юстировки.

Для определения диаметра интерференционных колец была разработана программа с использованием языка Processing, которая выводит на экран фотографию интерференционной картины. Информация отображается в трех окнах. В первом – предавлены координаты указателя мыши в процессе ее движения. Нажатие левой кнопки и фиксирует ее координаты, а на экране, в месте расположения указателя, появляется точка. При дальнейшем перемещении мыши ее координаты выводятся во втором окне. Повторным нажатием левой кнопки, фиксируются координаты указателя, и на экране появляется вторая точка. Программа соединяет эти две точки прямой линией и рассчитывает расстояние между ними в пикселях, которое выводится в третьем окне. Поскольку кольца имеют конечную толщину, то одна точка берется на внешнем радиусе, а другая – на внутреннем. Для пересчета значений диаметров колец из пикселей в сантиметры интерференционная картина фотографировалась на миллиметровой бумаге.

Согласно (6), зависимость квадрата диаметра интерференционных колец от их номера является линейной, а тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс ( $b = \operatorname{tg} \alpha$ ) связан с показателем преломления пластинки соотношением:

$$n = \frac{h \operatorname{tg} \alpha}{16L^2 \lambda}, \quad (7)$$

Для построения зависимости  $D^2 = f(N)$  и определения  $\operatorname{tg} \alpha$  в работе были определены диаметры первых пяти светлых ( $D_C$ ) и темных ( $D_T$ ) интерференционных колец (таблица 1).

Из рис.3 видно, что тангенсы наклона прямых, после линейной аппроксимации экспериментальных точек, для светлых и темных колец совпадают. При этом относительная погрешность определения  $tg \alpha$  для светлых и темных колец составляет 2 % и 0,4 %, соответственно. Большая относительная погрешность определения тангенса угла для светлых колец, возможно, связана с их большей толщиной.

Таблица 1. Результаты измерений.

N	1	2	3	4	5
$D_T$ , см	6,34	7,7	8,9	9,9	10,84
$D_C$ , см	5,6	7	8,28	9,5	10,36

Подставив в (7) параметры установки ( $L = 1,33$  м;  $h = 15$  мм;  $\lambda = 632$  нм), получаем численное значение показателя преломления пластинки:

$$n = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 19,3 \cdot 10^{-4}}{16 \cdot 1,33^2 \cdot 632 \cdot 10^{-9}} = 1,62$$

Пренебрегая погрешностью в определении длины волны лазера и толщины стеклянной пластинки, находим относительную погрешность показателя преломления пластинки при косвенных измерениях:

$$\delta n = \frac{\Delta n}{n} = \sqrt{\left(\frac{\Delta(tg \alpha)}{tg \alpha}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta L}{L}\right)^2} = \sqrt{0,02^2 + 0,003^2} \approx 0,02 = 2\%$$

Таким образом, в работе: изучено явление интерференции на толстой плоскопараллельной стеклянной пластинке; с помощью специально разработанной программы измерений диаметра интерференционных колец определен показатель преломления стекла:  $n = 1,62 \pm 0,03$ ; показано, что измерение диаметров темных колец позволяет уменьшить погрешность при определении тангенса наклона прямых к оси абсцисс на зависимости  $D^2(N)$ .

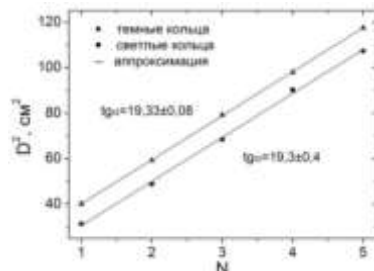


Рис.3. Зависимости  $D^2(N)$  для светлых и темных колец.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДАТЧИКОВ В МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. В.А.Черненко

Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. А.В. Синельник

Использование современных информационных технологий уже давно стало частью не только профессиональной деятельности человека, но и его повседневной жизни. Изобретения и устройства, немислимые для человека XX столетия, стали привычными и незаменимыми в разных сферах жизнедеятельности человека. Даже мобильный телефон, которым обладает практически каждый, уже используется не только для совершения телефонных разговоров, но и выполняет ряд других, не свойственных средствам связи функций, что нередко позволяет заменить оригинальное устройство. Современные смартфоны и мобильные телефоны используют регистрации сигналов – от незамысловатых опытов до сложных научных измерений в физике, химии, биологии.

Целью данной работы было теоретическое исследование принципов работы наиболее распространенных видов встроенных датчиков – устройств, позволяющих производить разнообразные измерения, а также регистрировать их результаты в смартфоне, а также сравнение их параметров с аналогичными характеристиками оригинальных специализированных датчиков.

В результате теоретического анализа, установлено, что основными, наиболее распространенными датчиками, расположенными в смартфоне, есть: акселерометр, гироскоп, термодатчик, датчик Холла, датчик приближения, датчик освещенности. Такие устройства располагаются, как правило, под крышкой мобильного телефона и представляют собой микрочипы – интегральные микросхемы и микроэлектронные устройства, регистрирующие и обрабатывающие физические сигналы. Также рассмотрены менее распространенные, но востребованные регистрирующие устройства, такие как шагомер, пульсометр, дозиметр.

На основании проведенного исследования сформулированы выводы о полифункциональности современных мобильных устройств, физической составляющей работы датчиков смартфона, погрешности возможных измерительных процедур.

## ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА: ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст. І.С. Рудаков

Кер.: доц. І.В. Синельник, ас. Ю.С. Овчаренко

Енергетична криза, що виникла в світі наприкінці XX сторіччя, й зростання екологічних проблем, спричинених діяльністю людини, викликали активні пошуки альтернативних джерел енергії. Одним з таких напрямів стала геотермальна енергетика – використання енергії, отриманої шляхом перетворення внутрішньої (теплової) енергії Землі у механічну, а потім – в електричну.

Нижче земної кори знаходиться шар гарячої і розплавленої речовини, що називається магмою. Вважається, що тепло виникає там, передусім, за рахунок розпаду природних радіоактивних елементів. За оцінками експертів енергетичний потенціал тепла на глибині 10000 метрів в 50000 разів більше, ніж усіх світових запасів нафти і газу.

Геотермальні електростанції можуть забезпечити велику кількість електроенергії, з багатьма перевагами. Геотермальна енергія дуже "чиста", тому що використовує тепло і пару, які знаходяться в землі, для виробництва електроенергії. Немає ніяких шкідливих викидів газу або високого рівня вуглецю; ці електростанції не викликають забруднення повітря. Це джерело енергії поновлюване і не залежить від кількості викопних видів палива або постачань із зарубіжних країн.

Схема роботи геотермальної електростанції досить проста. Вода, через спеціально пробурені отвори, закачується глибоко під землю, в ті шари земної кори, які природним чином досить сильно нагріті. Просочуючись в тріщини і порожнини гарячого граніту, вода нагрівається, аж до утворення водяної пари, і з іншої, паралельної свердловини піднімається нагору, де конденсується. Після цього гаряча вода надходить безпосередньо на електростанцію, в теплообмінник, і її енергія перетворюється в електричну. Це відбувається за допомогою турбіни та генератора, як і в багатьох інших типах електростанцій. В іншому варіанті геотермальної електростанції, використовуються природні гідротермальні ресурси, тобто вода, нагріта до високої температури в результаті природних процесів. Однак область використання подібних

ресурсів значно обмежена наявністю спеціальних геологічних районів.

В даний час існує три схеми виробництва електроенергії з використанням геотермальних ресурсів: 1) пряма з використанням сухого пара; 2) непряма з використанням водяної пари; 3) змішана схема виробництва (бінарний цикл).

Найбільш перспективним вважається бінарний цикл, що використовує природу геотермальну воду. Більшість геотермальних районів містять воду помірних температур (нижче 200°C). На електростанціях з бінарним циклом ця вода використовується для отримання електричної енергії. Гаряча геотермальна вода і друга, додаткова рідина з нижчою, ніж у води, точкою кипіння пропускаються через теплообмінник. Тепло геотермальної води випаровує другу рідину, пари якої приводять в дію турбіни. Оскільки це замкнута система, викиди в атмосферу практично відсутні. Води помірної температури є найбільш поширеним геотермальним ресурсом, тому більшість геотермальних електростанцій майбутнього працюватимуть на цьому принципі.

Головними перевагами геотермальної енергії є:

- практично повна безпека для навколишнього середовища;
- економічна ефективність у кілька разів перевершує традиційні види отримання електроенергії, а також і інші види НВДЕ (нетрадиційні і відновлювані джерела енергії);
- її практична невичерпність;
- повна незалежність у роботі від умов навколишнього середовища, часу доби і року;
- коефіцієнт використання перевищує 90%;

Тим самим, використання геотермальної енергії вносить істотний внесок у вирішення наступних невідкладних проблем: а) забезпечення сталого електропостачання населення в тих районах де централизоване енергопостачання відсутній або обходиться занадто дорого; б) забезпечення гарантованого мінімуму енергопостачання населення в зонах нестійкого централизованого енергопостачання через дефіцит електроенергії в енергосистемах, запобігання збитку від аварійних і обмежувальних відключень; в) зниження шкідливих викидів від енергоустановок в регіонах зі складною екологічною обстановкою.

Зазначені переваги та оцінюваний потенціал призводять до того, що геотермальна енергетика, незважаючи на свою молодість (у неї всього 100-річна історія), розвивається зараз у всьому світі.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. И.В. Лелет

Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. С.М. Колубаева

Создание трехмерных реалистичных изображений является важной задачей в различных сферах человеческой деятельности – моделировании, симуляции, изобразительном искусстве, выставочной и музейной деятельности, киноиндустрии, образовательной сфере и сфере развлечений. Существует несколько направлений создания изображений трехмерных объектов – как реально существующих, так и воображаемых.

Голография – способ создания максимально точных и реалистичных изображений, основанный на явлениях интерференции и дифракции.

Компьютерная 3D-графика основана на закономерностях зрительного восприятия и оптических иллюзиях, создающих эффект трехмерности для плоского изображения за счет варьирования его характеристик – цвета, размера, взаимного расположения элементов.

Особенности бинокулярного зрения человека используются в 3D-кинематографе и виртуальной реальности. Для создания эффекта трехмерности используются специальные очки. Проекция созданного компьютером специального изображения на искривленную поверхность позволяет достигать эффекта трехмерности без использования очков.

Одним из наиболее перспективных направлений является трехмерная проекция изображения прямо в воздух, которая представляет собой один из новейших видов проецирования видео и изображений. В основе технологии лежит создание в воздухе невидимого экрана на основе мелкодисперсной среды, например, тумана, или генерация плазмы в воздухе лазерным лучом путем ионизации. Изображение проецируется на экран или формируется непосредственно в воздушной среде.

Область применения этого метода проецирования изображений очень широка – оповещение в экстремальных ситуациях, образование, проектирование, презентации, развлечения и шоу.

## СЕКЦІЯ ІСТОРІЯ ФІЗИКИ



## МИКОЛА ДМИТРОВИЧ ПИЛЬЧИКОВ – ВИДАТНИЙ ВЧЕНИЙ, ВІНАХІДНИК ПРИСТРОЮ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОЇ ТЕЛЕГРАФІЇ

Національний технічний університет «ХПІ»<sup>1</sup>

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна<sup>2</sup>

Ст.: Є.О. Рибалкіна<sup>1</sup>, В.В. Бондарев<sup>1</sup>

Кер.: проф. В.П. Пойда<sup>2</sup>, доц. Г.І. Копач<sup>1</sup>,

ст. викл. О.Б. Алмазова<sup>1</sup>

У наше сьогодення повертаються імена незаслужено забутих вчених, які за часів свого життя були широковідомими в наукових колах, бо зробили вагомий внесок у розвиток світової науки. До них належить і Микола Дмитрович Пильчиков – геніальний фізик, основоположник радіокерування та фотогальванографії, один з перших дослідників властивостей рентгенівських променів, радіоактивності, дослідник геомагнетизму, метеорології, оптики, розробник оригінальних пристроїв для бездротової телеграфії, в доробку якого десятки відкриттів та винаходів світового значення. Без перебільшення – це український Едісон.

М.Д. Пильчиков народився 21 травня 1857 р. в місті Полтаві в сім'ї родовитих дворян. Батько Миколи – український громадський та культурний діяч, викладач історії і політичної економії Полтавського кадетського корпусу – Дмитро Пильчиков. Мати - Людмила Капітонівна, родом із збіднілої дворянської родини – померла, коли сину не минуло й року.

До чотирнадцяти років Микола виховувався вдома. Батько самовіддано та з надзвичайною любов'ю виховував свого єдиного сина: передусім навчав мовам (згодом Микола оволодів сімома мовами). Подальшу освіту Пильчиков почав здобувати з 1871 р. в Полтавській чоловічій класичній гімназії, де відрізнявся талановитістю до наук, особливо до фізики та математики.

Вступивши в 1876 р. до Харківського університету Микола обрав фізико-математичний факультет.

Наукові дослідження почав у студентські роки. На другому курсі студент винайшов електричний фонавтограф — прилад для вивчення звукових коливань графічним способом. Це був перший винахід майбутнього талановитого вченого. Він випередив на кілька десятиріч зарубіжних дослідників, серед них і самого Едісона, фонограф якого був механічним і винайденим пізніше, у 1877 р. Після завершен-

ня навчання, в 1880 р., Пильчиков був залишений при університеті "для приготування до професорського звання". У цьому ж році виходить його стаття, присвячена рефрактометру - приладу для визначення показника заломлення світла в рідині та методиці оптичного аналізу. У 1882 р. Микола Пильчиков демонструє перед членами фізико-хімічної секції автоматичний регулятор електричного струму.

У 1883-1884 р.р. молодий вчений бере участь в експедиції, що досліджує Курську магнітну аномалію. Провівши 71 серію спостережень, він знайшов її нові райони і одним з перших зазначив те, що причина аномалії - поклади залізняку. За ці дослідження він був нагороджений Великою Срібною медаллю Російського географічного товариства. В 1885 р. М.Д. Пильчикова призначають приват-доцентом Харківського університету. Через рік у Петербурзькому університеті він захистив дисертацію на тему "Матеріали к вопросам о местных аномалиях земного магнетизма" і одержав звання магістра фізики.

У 1888 р. магістра М.Д. Пильчикова відряджають до Парижа. Під час стажування в Паризькій магнітній обсерваторії, вчений знаходить і виправляє помилки в конструкції сейсмографа. М. Пильчиков проходить стажування в лабораторіях провідних фізиків того часу: Г. Ліппмана А. Корню, Н. Маскара.

У 1888 р., у травні, молодий вчений отримав із Петербурга диплом магістра фізики і фізичної географії, а в жовтні цього ж року його обрали дійсним членом Російського географічного товариства.

У 1889 р. Пильчиков повернувся до Харкова, де став професором університету. Тут він здійснює дослідження з поляризації світла та метеорології, створює нові прилади (інклінометр, одностовковий сейсмограф), продовжує дослідження явищ Курської магнітної аномалії.

У 1894 році вчений залишає Харків і певний час працює в Одесі в Новоросійському університеті (нині Одеський національний університет ім. Мечникова), на посаді екстраординарного професора, замінивши на цій посаді видатного фізика-теоретика Миколу Умова.

У 1896 р. дізнавшись про відкриття X-променів У. Рентгеном, Пильчиков зацікавиться цим явищем та знайшов, як скоротити тривалість експозиції до 2-х секунд: - це була найкоротша експозиція у світі.

У цьому ж році М. Пильчиков публікує доповідь про наукове відкриття: на основі використання оптико-гальванічного способу дослідження електролізу - фіксування зображення предметів шляхом награвування рельєфу на металевих пластинах. Це явище учений назвав фотогальванографією або електрофотографуванням.

Працюючи в Одесі Микола Дмитрович проводив перші експе-



рименти з радіоуправління на відстані. Він намагався знайти відповідь на таке питання: "яким чином бездротову передачу електричної енергії відокремити від пертурбацій, заподіяних електричними хвилями". Іншими словами, він розробляв прилад, який фільтрує радіохвилі, що доходять до нього, і дає доступ до діючого механізму тільки тим сигналам, які відправив власник приладу. Пильчиков вперше створив прилад здатний настроюватися на певну хвилю. Кардинальним відкриттям професора М. Пильчикова слід вважати винайдений ним протектор, що захищає прилади — телефон, маяки, семафори, гармати, міни від дії на них електричних хвиль стороннього походження.

Ще однією науково-технічною проблемою, розв'язання якої М. Пильчиковим призвело до найвидатнішого відкриття в галузі фізики радіозв'язку — винайдення способу керування різними механізмами й пристроями по радію. М. Пильчиков публічно продемонстрував це 5 квітня 1898 р. Це був день зародження радіотелемеханіки. На жаль, першість у цій справі приписується Ніколі Теслі, який подав заявку на патентування радіокерованого судна 1 липня 1898 р., а публічно продемонстрував винахід у вересні цього ж року.

На початку 1902 р. Микола повернувся з Одеси до Харкова і став професором недавно заснованого Харківського технологічного інституту. Фізична лабораторія під керівництвом професора Пильчикова стала найбільш оснащеною серед навчальних закладів того часу. Він створив модель радіокерованого протимінного захисту кораблів, обладнав метеостанцію інституту, встановивши автоматичний показник електричних атмосферних розрядів, створив першу в Російській імперії пересувну радіостанцію, змонтовану на автомобілі, організував видання інститутського журналу "Известия Харьковского технологического института" і став його головним редактором. У результаті пошукових досліджень у фізичному кабінеті НТУ «ХП», були виявлені, відреставровані та випробувані деякі прилади для бездротової телеграфії, якими користувався вчений.

Надіслане у 1904 р. О.С. Поповим М.Д. Пильчикову реле Ежена Дюкрете, яке той спеціально сконструював для приймальної станції бездротової телеграфії системи Попова-Дюкрете, нещодавно було випадково знайдене в підсобному приміщенні великої лекційної аудиторії фізичного корпусу НТУ «ХП» під час її підготовки до капітального ремонту.

Реле з метою збереження було поміщене працівниками фізичного кабінету в гідроізолюваний пакунок і надійно збережене в потаємній ніші. Була проведена реставрація, регулювання і випробування дії

цього приладу. Встановлено, що реле Дюкрете діє за принципом електровимірювального приладу магнітоелектричної системи. Досліди показали, що воно є дуже чутливим. Завдяки використанню такого реле у приймальній станції системи Попова-Дюкрете зразка 1904 р., вдалось суттєво підвищити дальність стійкого прийому депеш бездротової телеграфії. Станціями бездротової телеграфії системи Попова-Дюкрете були оснащені кораблі Чорноморської і Балтійської ескадри та частина кораблів Тихоокеанських ескадр, які брали участь у Російсько-Японській війні 1904 – 1905 р.р. Така ж іскрова радіостанція у 1904 р. була розміщена на постійній основі на Ейфелевій вежі, що, у певній мірі, врятувало її від демонтажу.

Реле Пильчикова, конструкція якого до сьогодні ще не була відома фахівцям, було виявлено в колекції приладів фізичного кабінету НТУ «ХП». Слід зазначити, що це чутливе реле, розроблене Пильчиковим, вірогідно могло використовуватись не тільки для того, щоб автоматично відновлювати вихідні резистивні характеристики когера завдяки удару по його трубці молоточком електричного дзвоника, ввімкненого цим реле, та здійснювати ввімкнення телеграфного апарата Дюкрете для запису на паперову стрічку телеграфних депеш, але й і як пристрій, що міг бути складовою частиною «протектора» Пильчикова. Змінюючи довжину насадок якоря реле, який є своєрідним фізичним маятником, можна було змінювати його момент інерції і, значить, цілеспрямовано задавати або змінювати період (частоту) його коливань.

Вчений проводив ґрунтовні дослідження з радіоактивності, в 1901 р. написав статтю «Радий и его лучи», працював у галузі кріогенної фізики. Мріяв про створення фізичного інституту, написав підручник під назвою «Курс фізики» в 1902 р., досліджував у Алжирі поляризацію атмосфери під час сонячного затемнення 1904 р.. М. Пильчиков трагічно загинув 19 травня 1908 р. Дивні обставини його смерті так і не були з'ясовані. На смерть вченого відгукнулись всі тодішні російські фізичні журнали. В одному з некрологів говорилось: «...Зі смертю М.Д. Пильчикова вчений світ втратив дуже велику наукову силу». Талановитий винахідник українець Микола Пильчиков був знищений і забутий навіть у себе на Батьківщині. Донедавна ми практично не знали про основоположника радіо-телекерування та електрофотографії, людини дивовижного обдарування, ученого з надзвичайним талантом, дослідника – М.Д. Пильчикова.

## ЮРІЙ КОНДРАТЮК – ГЕНІАЛЬНИЙ ВІНАХІДНИК І ТЕОРЕТИК КОСМОСУ

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст. О. Горбенко

Кер.: доц. С.Д. Гапченко, доц. С.С. Ткаченко



Юрій Кондратюк – геніальний винахідник і теоретик космосу, один із основоположників космонавтики, який тривалий час залишався забутим на Батьківщині, зате був високо поцінований далеко за її межами.

Народився у Полтаві під ім'ям Олександр Гна-тович Шаргей. За лінією матері походив з давнього німецько-шведського дворянського роду Шліппен-бахів. Зі срібною медаллю закінчив Другу Полтавсь-ку чоловічу гімназію. У 1916 р. вступив на механічне відділення Пет-роградського політехнічного інституту, але невдовзі його мобілізували до царської армії. Був офіцером царської, а згодом — Білої армії. Дезертирував, змінив ім'я, справжній носій цього імені помер 1921 р., документи померлого Кондратюка Шаргею допомогла отри-мати його мачуха. В той же час починає вивчення завдань космонав-тики та основних потенційних способів мандрувати за межі Землі. Свою роботу він провадив незалежно від Костянтина Ціолковського. У працях “Тим, хто буде читати, щоб будувати” (1919) і “Завоювання міжпланетних просторів” (1929) вивів основне рівняння польоту раке-ти, розглянув енергетично найвигідніші траєкторії космічних польотів. Першим сформулював теорію багатоступеневих ракет, запропонував використовувати для ракетного палива деякі метали і неметали та їхні водневі сполуки. Розглянув проблеми створення проміжних міжпла-нетних баз, ідею використання гравітаційного поля небесних тіл для вирішення цих проблем. На теоретичному рівні Кондратюк-Шаргей вперше обґрунтував економічну доцільність вертикального злету ра-кет, гальмування у верхніх шарах атмосфери, використання сонячної енергії космічними апаратами, прорахував трасу для ракети на Місяць. Остання розробка була використана в США під час запуску «місії Аполлон». Факт цього визнано було керівниками програми та підтверджено у журналі Life. Один з керівників американської косміч-

ної програми “Аполлон” Джон Хуболт писав: “Коли я... із завмиран-ням серця стежив на мисі Кеннеді за стартом ракети, що несла кора-бель “Аполлон” у напрямку Місяця, я думав у цей час про українця Юрія Кондратюка, який 50 років тому розробив ту саму трасу, якою належало летіти нашим астронавтам.”

Та на Батьківщині доля видатного вченого склалася трагічно. У 1930 р. його заарештували за сфальсифікованим звинуваченням у шкідництві. В період ув'язнення виконав ескізний проект для конкурсу вітроенергетики, який передав «на волю», проектом зацікавився тодішній нарком важкої промисловості Серго Орджонікідзе — і Кон-дратюка-Шаргея після зустрічі із наркомом звільнили з тюрми. Після звільнення працював над проектами вітряних електростанцій. У 1932–1933 рр в Новосибірську працював над проектом потужної Кримської вітроелектростанції. Наступного року продовжив цю роботу в Харкові. Проект передбачав вітроелектростанцію потужністю в 12 тис кіловат, у той час як зарубіжні аналоги обмежувалися сотнею. Мала бути побу-дована вітрова щогла заввишки в 165 метрів. Вітрова електростанція побудована не була, але розробки винахідника лягли в основу побудо-ви Останкінської телевежі. Цю роботу перервала Друга світова війна. Одразу після нападу Німеччини на Радянський Союз, Юрій Кондратюк записався добровольцем у народне ополчення. Служив рядовим теле-фоністом, а потім помічником командира взводу на Резервному і Західному фронтах. За однією з версій, загинув у бою 3 жовтня 1941 р. За другою – загинув 23 або 25 лютого 1942 р. на території Орловської або Калузької областей. За третьою – потрапив у полон, працював у конструктора Вернера фон Брауна над розробкою першої в світі балістичної ракети далекої дії “Фау-2” і загинув у німецькому концта-борі. За четвертою – пережив війну і помер, забутий усіма, 1952 року. Український винахідник Юрій Шаргей-Кондратюк зовсім трохи не дожив до початку космічної ери людства, і на жаль не став свідком втілення в життя своїх далекосяжних ідей. Але він був серед тих, без кого людська мрія про польоти у міжпланетному просторі залишалася би тільки мрією. На зворотньому боці Місяця іменем Юрія Кондратю-ка назвали кратер. Його ім'я присвоїли астероїду 3084, а у 2014 році занесли до Галереї міжнародної космічної слави у місті Аламогордо.

Окрім імені в Залі Слави космонавтики в США, ім'я Юрія Кондратюка носить музей авіації та космонавтики у Полтаві.

## ПРИЗРАК ПЕППЕРА: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБМАН И СОВРЕМЕННАЯ ИЛЛЮЗИЯ

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

Ст.: М. Воронцова, И. Калашник

Рук. ст.пр. К.А. Минакова

Наука прошла путь от камеры-обскуры до «голограмм», как завлекали зрителей популяризаторы науки XIX века, как технологии по созданию «призраков» продавали театрам, а также как организовать собственный «спиритический сеанс» с помощью коробок от компакт-дисков или прочного пластика для ламинации и смартфона – об этом и будет наша статья.

Первые описания подобного эффекта восходят к работам итальянца XVI века Джамбаттисты делла Порта, изобретателя одной из модификаций камеры-обскуры. В его работе «Натуральная магия» он рассказывает, как с помощью отражения в стекле создать реалистичную иллюзию наличия объекта в пустой темной комнате. Для этого необходимо сделать окошко в камере, а напротив него позади наблюдателя поместить какой-нибудь предмет. Свет, проходя сквозь это отверстие, будет создавать перевернутое изображение – по тому же принципу, по которому оно получается на нашей сетчатке, только окошком служит зрачок, а линзой — хрусталик. Кстати, это сходство делла Порта тоже подметил.

Подобные устройства широко использовали художники эпохи Возрождения, чтобы обводить спроецированные изображения для своих картин. Астрономы же оценили изобретение как способ наблюдения за солнечными затмениями.

В 1860-ом, один изобретатель по имени Генри Диркс (Henry Dircks) сконструировал более старую итальянскую оптическую иллюзию, которая использовала визуальные эффекты, управляемые при помощи света и стекла. Генри назвал ее *Дирксианской Фантасмагорией* (*Dircksian Phantasmagoria*). Этот фокус так никогда и не приобрел популярности, поскольку был слишком сложным и дорогостоящим, да и к тому же требующим полной перестройки театров для внедрения этой иллюзии.

Любопытная выдумка так и пропала бы бесследно, если бы не попала в глаза Джону Пепперу, подарившему ей новую жизнь. Джон Пеппер (John H. Pepper), который читал в это время лекции в Королевском Политехническом институте в Лондоне, придумал более простой способ реализации идеи Диркса в существующих театрах,

используя при этом только лист стекла. Он понял, как модифицировать изобретение, чтобы его можно было легко показать в театре. Результатом этих усилий вскоре стала подготовка постановки «Одержимый, или Сделка с призраком» по последней из «Рождественских повестей» Чарльза Диккенса. Успех был оглушительным. Поскольку именно Пеппер популяризировал иллюзию, она стала носить название Призрак Пеппера. Пеппер начал показывать иллюзию, разъезжая по театрам Англии и Австралии, неизменно удивляя публику. Одна местная газета даже сообщала, что известный физик Майкл Фарадей, после просмотра иллюзии, разыскал Пеппера и потребовал объяснений фокуса.

Оригинальная оптическая иллюзия Призрак Пеппера предполагает размещение под углом большого куска стекла между ярко освещенной «сценической» комнатой, в которой зрители смотрят прямо перед собой и скрытой комнатой. Стекло частично отражает происходящее в скрытой комнате, сохраняемой в темноте и содержащей «призрачную» сцену. Когда свет в скрытой комнате слегка усиливается для освещения сцены, свет в сценической комнате слегка тускнеет, и «скрытое» видение проявляется перед зрителями.

### Подход геометрической оптики.

Призрак Пеппера можно объяснить в рамках геометрической оптики. Для начала отметим, что стекло или прозрачная пленка, используемая в иллюзии Призрака Пеппера, имеет иной показатель преломления, чем окружающий его воздух; то есть, свет в двух средах распространяется с различной скоростью. Когда свет достигает границы раздела между двумя материалами с различными показателями преломления, часть света, как правило, отражается, а оставшаяся часть преломляется, и проходит во вторую среду под некоторым углом, отличным от первоначального направления распространения. Количество отраженного и преломленного света регулируется соотношениями Френеля и зависит от угла падения и поляризации падающего света, а также показателей преломления соседствующих материалов.

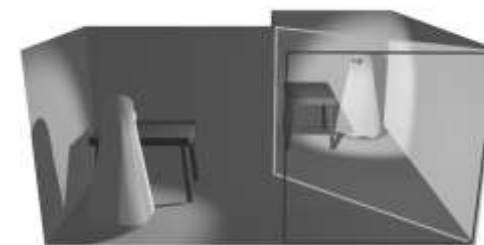
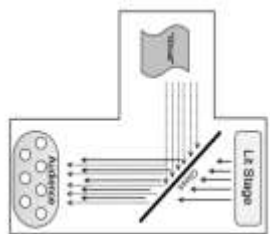


Рис. 1. За кулисами простейшей иллюзии Призрака Пеппера

Рассмотрим схему, используемую для классической иллюзии Призрака Пеппера, состоящую из сцены, дополнительной комнаты вне прямой видимости зрителей и стеклянной стены, расположенной под углом (диагонально) между аудиторией и обеими комнатами. Свет от освещенной сцены преломляется, проходя через стеклянную панель. Зрители могут видеть сцену, но не стекло, так как будто они смотрят только стандартную сценическую постановку. Когда свет в боковой комнате включается, свет распространяется от «призрака» к стеклу. Часть света отражается стеклом и попадает в аудиторию. Тогда видят лучи света, «приходящие» и от нормальной сцены, и от скрытой комнаты. Таким образом, скрытое изображение проецируется полупрозрачным, или «призрачным», способом.



**Рис. 2.** На схеме, изображенной слева, часть падающих лучей от освещенной сцены, преломляется стеклом в направлении зрителей, а часть падающих лучей, приходящих из скрытой комнаты, отражается от стекла. Изображения в двух комнатах вместе, накладываясь друг на друга, достигают аудитории, создавая иллюзию Призрака Пеппера.

### **Сделать свой собственный проектор Призрака Пеппера.**

Сегодня организовать «спиритический сеанс» с «Призраком Пеппера» может каждый. Для этого понадобится немного времени, чтобы сделать собственное специальное видео для 3D голограмм или найти и скачать специальное видео на телефон (для этого надо ввести в поиск «3D-голографическое видео», например, на YouTube) и расположить определенным образом смартфон и усеченную пирамиду, склеенную из четырех трапециевидных кусочков из коробок для компакт-дисков или другого прозрачного пластика или пленки. Поставьте вашу усеченную пирамиду вверх ногами на экран, выключите свет — и наслаждайтесь!

1. Tekla S. Perry. Digital Actors Go Beyond the Uncanny Valley // IEEE Spectrum. — 2014.
2. Pepper's Ghost" Illusion. GhostTheory.com (12 October 2009)
3. Secord J. A. Quick and Magical Shaper of Science. Science. American Association for the Advancement of Science
4. Я.И. Перельман «Знаете ли вы физику?» «Тезис», Ек., 1994 г.
5. Я.И. Перельман «Занимательная физика» (книга 1 и 2) «Тезис», Екатеринбург, 1994 г.
6. Н.М. Годжиев Оптика М., «Высшая школа», 1977 г.

## **УГРОЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КРИЗИСА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ**

*Национальный технический университет «ХПИ»*

**Ст. В.В. Лайкович**

**Рук. доц. Л.Г. Петренко**

Человечество зависит от создания и использования источников энергии, так как производимая ими работа во много раз превосходит мускульную силу человека и животных. Лишение энергетических ресурсов ведет к падению материального благосостояния. Проблема человечества состоит в получении, преобразовании и консервировании энергии. Физикой установлен закон сохранения и превращения энергии в природе. Во всех явлениях, происходящих в природе, энергия не возникает и не исчезает. Она только переходит из одного вида в другой, при этом общее ее значение сохраняется. Энергия добывается из природных ресурсов: торф, уголь, нефть, газ. Запасенная в них химическая энергия накапливалась тысячи лет. Но в ближайшие десятилетия они будут исчерпаны, потребление энергии ограничится, что приведет к снижению уровня материального благосостояния человечества. Поэтому энергетическая проблема есть проблема №1.

Главной причиной возникновения глобальной энергетической проблемы следует считать быстрый рост потребления минерального топлива в XX-XXI в.в. Со стороны предложения он вызван открытием и эксплуатацией огромных нефтегазовых месторождений, а со стороны спроса - увеличением автомобильного парка и ростом объема производства полимерных материалов [1]. Нарастание добычи топливно-энергетических ресурсов повлекло за собой серьезное ухудшение экологической ситуации (расширение открытой добычи полезных ископаемых, добыча на шельфе и др.). А рост спроса на эти ресурсы усилил конкуренцию как стран - экспортеров топливных ресурсов за лучшие условия продажи, так и между странами-импортерами за доступ к энергетическим ресурсам. На этой основе получает импульс интенсивный путь решения энергетической проблемы, заключающийся, прежде всего в увеличении производства продукции на единицу энергозатрат. Энергетический кризис 70-х гг. ускорил развитие и внедрение энергосберегающих технологий, придал импульс структурной перестройке экономики. Эти меры, наиболее последовательно

проводимые развитыми странами, позволили значительно смягчить последствия энергетического кризиса. В современных условиях тонна сэкономленного в результате сберегающих мер энергоносителя обходится в 3-4 раза дешевле, чем тонна дополнительно добытого. Это обстоятельство явилось для многих стран мощным стимулом повышения эффективности использования энергоносителей. За последнюю четверть XX в. энергоёмкость хозяйства США снизилась вдвое, а Германии — в 2,5 раза. Важным резервом повышения эффективности использования энергии является совершенствование технологических процессов функционирования аппаратов и оборудования. Несмотря на то что это направление является весьма капиталоемким, тем не менее эти затраты в 2-3 раза меньше расходов, необходимых для эквивалентного повышения добычи (производства) топлива и энергии. Основные усилия в этой сфере направлены на совершенствование двигателей и всего процесса использования топлива. Энергетический кризис способствовал повышению интереса к новым видам энергоресурсов, которые получили название нетрадиционных или альтернативных [2]. Доля их в структуре мирового потребления первичных энергоресурсов заметно растет. К нетрадиционным источникам энергии относят энергию Солнца, ветра, приливов, морских волн, геотермальную и термоядерную энергию. Особые надежды возлагают на водород, так как он является наиболее перспективным энергоносителем. Однако его промышленное получение обходится пока очень дорого [3]. В настоящее время наметились пути решения энергетических проблем в двух направлениях: во-первых, в дальнейшем увеличении запасов минерального топлива и сырья, вовлечении в эксплуатацию более бедных руд, освоении труднодоступных бассейнов (так как разведанные запасы сейчас растут быстрее, чем добыча); во-вторых, в ресурсосбережении - в более рациональном и экономном использовании энергоносителей в промышленности, на транспорте, в коммунально-бытовом секторе в значительной мере, благодаря перестройке технологических процессов.

[1] Энергетическая проблема и пути её решения. <https://www.grandars.ru/student/мировая-экономика/энергетическая-проблема.html>; [2] Киселева Я.В. Энергоресурсы: альтернативные источники и энергосберегающие технологии. Проблемы и решения. <https://www.rae.ru/forum2012/277/1808>; [3] Новосёлов С.В. Возможности использования водорода в качестве топлива для ДВС. [https://www.elib.altstu.ru/elib/books/Files/va2000\\_2/pages/14/14.htm](https://www.elib.altstu.ru/elib/books/Files/va2000_2/pages/14/14.htm).

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. Л.А. Суховой

Рук. доц. Л.Г. Петренко

Очевидно, что двигатель внутреннего сгорания (ДВС) недостаточно экономичен и имеет невысокий КПД. Это заставляет ученых искать альтернативы – в частности, создавать доступный электрический или водородный транспорт. Однако, в последнее время появилась информация о том, что созданы по-настоящему эффективные конструкции ДВС [1,2]. За счет чего это осуществляется и что мешает применять такие технологии на практике уже сейчас? Двигатель внутреннего сгорания без преувеличения раскрутил мотор научно-технического прогресса. Автомобильный транспорт является важнейшим средством перевозки пассажиров и грузов. В США сегодня на 1000 человек приходится почти 800 автомобилей. Подавляющее большинство из более миллиарда автомобилей на планете все еще используют ДВС, изобретенный в XIX веке [3]. Несмотря на все технологические ухищрения и «умную» электронику, коэффициент полезного действия современных бензиновых двигателей все еще невелик - около 30%. Самые экономичные дизельные ДВС имеют КПД 50%, то есть даже они половину топлива выбрасывают в виде вредных веществ в атмосферу (современные автомобили сжигают по 10-20 литров горючего на 100 км пути). Не удивительно, что ученые по всему миру пытаются создать доступные электрические и водородные авто. Однако и концепция ДВС не исчерпала потенциал модернизации - благодаря последним достижениям в области электроники и новых материалов, появилась возможность создать по-настоящему эффективный ДВС. Инженеры компании EcoMotors International творчески переработали конструкцию традиционного ДВС [4]. Он сохранил поршни, шатуны, коленвал и маховик, однако особенности новой конструкции двигателя повышают его КПД на 15-20%, кроме того двигатель намного легче и дешевле в производстве. Он может работать на нескольких видах топлива, включая бензин, дизель и этанол. Добиться этого удалось с помощью использования специальной оппозитной конструкции двигателя, в которой камеру сгорания образуют два модуля по 4 поршня, двигающиеся навстречу друг другу. Двигате-

лем полностью управляет электроника, благодаря чему и удалось добиться высокого КПД и минимального расхода топлива. Например, в пробке и других случаях, когда полная мощность двигателя не нужна, работает только один модуль из двух, что уменьшает расход топлива и шум. Также мотор оснащен управляемым электроникой турбокомпрессором, который утилизирует энергию выхлопных газов и вырабатывает электроэнергию. В целом двигатель EcoMotors имеет элегантную простую конструкцию, в которой на 50% меньше деталей, чем в обычном моторе. Более того, изделие EcoMotors легко масштабируется: достаточно добавить несколько модулей и двигатель малолитражки превращается в мотор мощного грузовика. В настоящее время большое внимание уделяется перспективе внедрения в производство ДВС технологии HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition), позволяющей воспламенять топливную смесь бензинового ДВС не за счет искры от свечи зажигания, а от высокой температуры и давления, как в дизельных двигателях - вместо привычного зажигания смеси около свечи и последующего распространения пламени на периферию в камере одновременно возникает огромное количество микроочагов возгорания. Как следствие, смесь очень быстро сгорает практически полностью при более низкой, чем обычно, температуре. Эта технология прорабатывается инженерами уже несколько десятков лет [5]. Прототип силового агрегата HCCI был представлен американской фирмой GM еще в 2007 году, но потом его доработка была приостановлена. Сегодня наибольших успехов в этом направлении достигла Mazda, которая обещает внедрить моторы нового типа уже в 2019 году. Представители концерна гарантируют, что благодаря технологии HCCI их автомобили станут экономичнее примерно на 30%. Новые модели авто появляются каждый год – но по каким-то причинам на них не стоят вышеописанные экономичные и простые двигатели. В любом случае жесткие экологические стандарты и электромобили заставят автопроизводителей внедрять новые технологии, гораздо более важные для здоровья людей и всей планеты.

[1] М.Левкевич. Двигатель внутреннего сгорания: будущее есть. [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru).  
[2] Инженеры показали двигатель внутреннего сгорания из будущего. <https://lenta.ru/news/2016/09/16/engine/>; [3] История создания двигателей внутреннего сгорания — Википедия.; <https://ru.wikipedia.org/wiki/>; [4] Альтернатива двигателей внутреннего сгорания - YouTube.; <https://www.youtube.com/watch?v=mm0oxqFbjHk>; [5] Технологии, которые продлевают эпоху ДВС. <https://svpressa.ru/auto/article/167068/>.

## СЕРОВОДОРОД – РЕКОРДНО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СВЕРХПРОВОДНИК

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст. И.Н. Цюман

Рук.: доц. Л.Г. Петренко, доц. В.И. Белозерцева

Удивительное явление – резкое уменьшение удельного электросопротивления ртути практически до нуля (точнее до  $\sim 10^{-25}$  Ом·м) при температуре  $T=4,15\text{K}$  было впервые обнаружено в 1911 году голландским физиком Хейке Камерлинг-Оннесом и было названо сверхпроводимостью, а вещества, обладающие им – сверхпроводниками.

Теория сверхпроводимости была создана в 50-е годы XX века американскими физиками Д.Бардином, Л.Купером и Д.Шриффером (теория БКШ). Согласно этой теории, сверхпроводимость возникает благодаря электрон-фононному взаимодействию (взаимодействию электронов и колебаний атомов кристаллической решетки) и может осуществляться при температурах ниже 28K [1].

До 1986 г.сверхпроводящее состояние удавалось получить при температурах не выше 23K, используя жидкий гелий. В апреле 1986 г. в Цюрихе (Швейцария) сотрудники фирмы IBM (США) Г.Беднорц и К.Мюллер получили сверхпроводящее состояние метало-оксидной керамики при температуре 30-35K, а чуть позже при 120K [2]. Такая температура достигается с помощью жидкого азота, получаемого в промышленных масштабах. Сверхпроводимость, наблюдаемая при температурах выше 23K, называется высокотемпературной (ВТСП).

В 1993 году в МГУ химии Е.В.Антипов и С.Н.Путилин установили новый рекорд, получив на сложной металлокерамике ( $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+x}$ ) температуру сверхпроводящего перехода  $T_{\text{кр}}=133\text{K}$ . Под давлением эта температура возрастала до 164K. Сверхпроводящие керамики (купраты) имеют общую структурную особенность – относительно хорошо разделённые медно-кислородные плоскости.

Такого рода сверхпроводимость не описывается электрон-фононным взаимодействием. Выдвигалась гипотеза о том, что происходит взаимодействие электронов и флуктуаций магнитных моментов атомов.

В 2014 году китайские учёные во главе с профессором Янмин Ма, изучая сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) под давлением, предположили, что при очень высоком давлении - 160 ГПа этот материал будет сверхпроводником при температуре 80K.

Другая группа китайских учёных – Дефан Дуан и Тянь Цуй установила, что при высоком давлении сероводород становится нестабильным и распадается с образованием другого вещества  $\text{H}_3\text{S}$  и серы. Соединение  $\text{H}_3\text{S}$  не вписывается в традиционные рамки химии, но при высоком давлении оказывается стабильным. Учёные предположили, что при температуре 200К оно должно обладать сверхпроводимостью, благодаря электрон-фононному взаимодействию (теория БКШ) [3]. В 2014 году физики из Химического института им.М.Планка (Германия) под руководством Александра Дроздова и Михаила Еремца осуществили эксперимент, превратив сульфид водорода  $\text{H}_2\text{S}$  в сверхпроводник  $\text{H}_3\text{S}$  под давлением 100 млн атмосфер (100ГПа) при температуре  $T_{\text{кр}}=203\text{K}(-70^\circ\text{C})$  [4]. Это достижение стало развитием эксперимента 2013 года, в котором  $T_{\text{кр}}=190\text{K}(-83^\circ\text{C})$ .

Таким образом, был установлен новый мировой рекорд ВТСП -  $T_{\text{кр}}=203\text{K}$  при  $P=10^8\text{Па}$  на совершенно новом материале – «запрещённом» классическими правилами химии. И что ещё очень важно - сверхпроводимость этого материала обусловлена электрон-фононным взаимодействием. Существует с сероводородом одна трудность: превращение  $\text{H}_2\text{S}$  в  $\text{H}_3\text{S}$ , который и является сверхпроводником, происходит лишь при повышенном давлении, да не просто повышенном, а до 100 млн атмосфер. Такое давление требуется для того, чтобы придать веществам-сверхпроводникам достаточную твердость, такую же, как у металлов. Это делает практическое применение сероводорода гораздо менее удобным, чем применение других сверхпроводников, которые требуется гораздо сильнее охлаждать. В настоящее время китайские учёные разрабатывают методы повышения температуры сверхпроводящего перехода путём введения в сероводород небольшого количества фосфора (примерно 7,5% атомов серы нужно заменить атомами фосфора). При этом критическая температура будет достигать  $T_{\text{кр}}=280\text{K} (+7^\circ\text{C})$  [3].

Таким образом, физикам удалось еще на шаг приблизиться к сверхпроводимости при комнатной температуре, которая обещает произвести настоящий прорыв в технике — например, сверхскоростные поезда, летящие над рельсами с помощью мощных магнитов.

[1] Савельев И.В. Курс общей физики. Том 3. 2007, 320с.; [2] IBM отмечает 25-летие открытия высокотемпературной сверхпроводимости. IBM Press Room - ЦЮРИХ, Швейцария, 18 апреля 2011 г.; <https://www-03.ibm.com/press/ru/ru/pressrelease/36304.wss.>; [3] Шустиков В. Открытие рекордно высокотемпературного сверхпроводника. 14.06.2017. [https://www.youtube.com/watch?v=LFcGG1\\_Zz4E.](https://www.youtube.com/watch?v=LFcGG1_Zz4E.); [4] Adrian Cho. Stinky hydrogen sulfide smashes superconductivity record. Science, aug, 2015.

## ПОЧЕМУ У ПОЕЗДА КОЛЁСНЫЕ ПАРИ?

Харьковский национальный аграрный университет

им В.В. Докучаева

Ст. Д. Махро

Рук. проф. С.С. Авотин

При движении автомобиля на повороте наружные (относительно центра поворота) и внутренние колёса проходят пути разной длины и должны вращаться с разными скоростями. К ведущим колёсам крутящий момент (произведение силы тяги на радиус колеса)  $M_{\text{кр}}$  передаётся от главной передачи, но если соединить их общим валом, они будут проскальзывать относительно дороги на повороте.

Для распределения крутящего момента между ведущими колёсами, которым он позволяет вращаться с разными скоростями предназначен *дифференциал*.

У полноприводных автомобилей он находится между ведущими осями. Дифференциал (рис. 1) состоит из корпуса 1, шестерён-сателлитов 2, полуосевых шестерён 3 и 4. Полуосевые шестерни соединены полуосями 5 и 6 с ведущими колёсами. Дифференциал – планетарный механизм, у которого ведущим звеном является корпус (водило), а ведомыми – полуосевые конические шестерни. При прямолинейном движении левое и правое колесо вращаются с одинаковой угловой скоростью  $\omega_{\text{л}} = \omega_{\text{н}} = \omega_{\text{к}}$ , а сателлиты не совершают относительного движения.

При повороте, например, налево в результате относительного вращения сателлитов правое колесо автомобиля вращается быстрее корпуса дифференциала, а левое медленнее. Однако сумма угловых скоростей ведущих колес автомобиля неизменна и равна удвоенной угловой скорости корпуса дифференциала  $\omega_{\text{л}} + \omega_{\text{н}} = 2\omega_{\text{к}}$ . При остановке одного из ведущих колес второе вращается в два раза быстрее ( $\omega_{\text{л}} = 0$ ;  $\omega_{\text{н}} = 2\omega_{\text{к}}$ ). Распределение *крутящих моментов* поровну между левым и правым колёсами обеспечивает хорошую управляемость и устойчивость автомобиля при движении по дорогам с твердым покрытием и относительно малым сопротивлением.

Однако сумма угловых скоростей ведущих колес автомобиля неизменна и равна удвоенной угловой скорости корпуса дифференциала  $\omega_d + \omega_n = 2\omega_k$ .

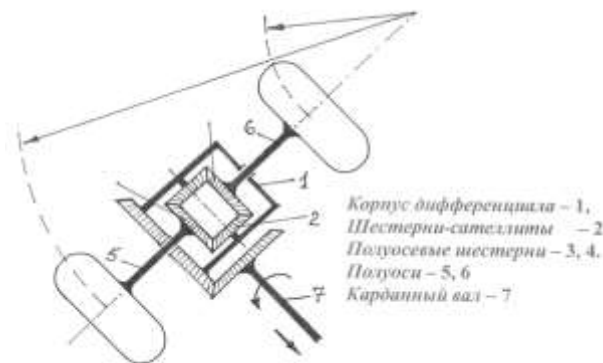


Рис. 1.

При буксовании одного из ведущих колес при неподвижном автомобиле второе вращается в два раза быстрее ( $\omega_d = 0$ ;  $\omega_n = 2\omega_k$ ). Распределение крутящих моментов поровну между левым и правым колесами обеспечивает хорошую управляемость и устойчивость автомобиля при движении по дорогам с твердым покрытием и относительно малым сопротивлением. Для устранения буксования дифференциалов на некоторых автомобилях применяют принудительную блокировку, жестко соединяя одну из полуосей с корпусом дифференциала. При заблокированном дифференциале крутящий момент, подводимый к колесу с лучшим сцеплением, увеличивается и этим создается большая суммарная сила тяги на обоих ведущих колесах.

Почему поезда не сходят с рельсов при поворотах ведь их колёса соединены вместе и образуют «пары»? Ведь внешний рельс длиннее внутреннего и в случае двух абсолютно цилиндрических колес требовало бы того, чтобы они вращались с разной скоростью, что весьма проблематично осуществить на практике.

Можно заметить, что вместо того, чтобы иметь форму идеальных цилиндров, стороны колёс расходятся под небольшим углом. Это не заводской брак, а выбор инженерного дизайна, который позволяет поезду плавно поворачивать, не улетая с рельс.

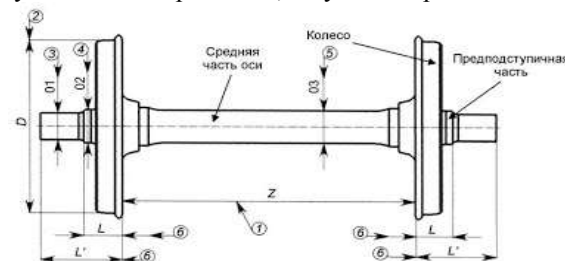


Рис. 2.

Проведём эксперимент на примере двух наборов пластиковых стаканов, склеенных вместе попарно. Если скрепить два стаканчика доньшками, то скатываясь по «рельсам» они всегда будут немного забираться вбок, пока наконец не сойдут с пути. Если вершины стаканов скреплены вместе, они катятся по параллельным дорожкам, не отклоняясь и не заваливаясь на бок. По мере того, как стаканы поворачивают влево или вправо, их диаметр с обеих сторон изменяется, в результате чего получается своеобразная пара связанных колес, имеющих разный размер. Но версия, где стаканы скреплены вершинами, сама корректирует себя во время движения, что и придает ей устойчивость.

Чтобы вагоны не сходили с рельсов при поворотах, инженеры сконструировали колеса конусовидными, чтобы во время разворота поезда они могли покачиваться из стороны в сторону в режиме реального времени. С одной стороны, площадь соприкосновения становится больше, что позволяет им оставаться на внешней колее, а с другой – укорачивается, что оптимально для внутренней колее. Все происходит автоматически благодаря центробежным силам, которые выталкивают поезд наружу, когда он огибает угол, что означает, что никакой дополнительной поддержки ему не требуется.

По материалам выступления директора по математическим исследованиям в Тринити-холл, Кембридж, проф. Тадаши Такеда на канале Numberphile посвященном математике и науке.



## ГУСЕНИЧНЫЙ ХОД

*Харьковский национальный аграрный университет*

*им В.В. Докучаева*

*Ст. И. Илличова*

*Рук. проф. С.С. Авотин*

Кто изобрёл гусеничный ход? Если имя изобретателя колеса затеряно в глубине веков, то право первенства на изобретение гусеничного хода оспаривают разные страны. В России считается, что первым изобретателем гусеницы был крестьянин Фёдор Блинов, который 27 марта 1878г подал заявку на получение патента на изобретение «вагона с нескончаемыми рейками». В США принято считать, что это Бэст и Хольт, основавшие компанию Caterpillar и собравшие первый гусеничный бульдозер. Французы считают первооткрывателем гусеничного принципа движения конструктора Дюбоше, который в 1818г закрепил за собой право создания экипажей «с подвижными рельсовыми путями». В 1826 году англичанин Джордж Кейли запатентовал «бесконечную гусеницу» и опубликовал об этом статью в журнале. В 1837г русский изобретатель, Д. Загряжский, запатентовал вагон с бесконечными рельсами. Но, большинство специалистов считают, что реально гусеница появилась в 1901 году, когда американец Элвин Орландо Ломбард построил первую «серийную» машину на гусеничном ходу, которую производили до 1917 года.

Гусеничные движители прочно вошли в нашу жизнь. Машины на гусеничном ходу развивают большие тяговые усилия, при этом сохраняют достаточно высокую маневренность и оказывает небольшое давление на грунт. Однако столь удачная конструкция имеет целый ряд существенных недостатков. Во-первых, невысокий эксплуатационный ресурс. Один из факторов, значительно сокращающих «жизнь» гусеницы, – коррозия. Во-вторых, металлоёмкость является серьёзным недостатком гусениц. Масса металлической гусеницы с составными звеньями может составлять 25% и более от массы всей машины. Кроме чисто экономического отрицательного значения этого фактора, материалоемкость проявляется в высокой цене сравнительно несложного изделия. За счёт увеличенной массы повышается расход топлива. Многотонные гусеничные машины негативно воздействуют на почвенные покровы при работах на открытом грунте. С момента изобре-

тения гусеницы инженерная мысль постоянно искала пути усовершенствования конструкции. Модернизация гусеничных систем происходила как по пути поисков новых материалов и новых технологий, которые бы обеспечивали гусенице высокую износостойкость так и по пути снижения её массы. В результате появились гусеницы, оборудованные резиновыми накладками или обрешиненными башмаками. Такие гусеницы проигрывают в сцеплении с грунтом, на них довольно сложно перемещаться на обледеленых участках, но они щадяще воздействуют на дорожное покрытие.

Около 30 лет назад появились гусеницы, в которых основным элементом являлась резина. Резиновые гусеницы в форме кольцевой резиновой ленты, усиленные основой из металлического, полимерного или тканевого корда, либо же имеющие вулканизированные внутри ленты тонкие стальные тросы, не имеют шарниров, значительно прочнее, долговечнее и решают проблемы «лишней» массы и коррозионного фактора. На лёгких резиновых гусеницах машина становится маневреннее, а нагрузка на катки механизма передвижения значительно снижается по сравнению с работой на стальных гусеницах.

Решающее значение на качественные свойства резиновых гусениц оказывает состав резины. Чем выше содержание натурального каучука в резиновой смеси, тем гусеница прочнее и эластичнее. В дешёвых гусеницах используются в основном синтетические материалы, иногда даже материалы вторичной переработки, что прямо отражается на сроке службы изделий. Резиновые гусеницы нуждаются в техническом обслуживании так как значительно легче повреждаются, чем кажется. Нормальный режим работы для резинометаллических гусениц от –25 до +55 °С. Чтобы резиновые гусеницы служили долго, надо избегать движения на них по обрезкам металла, торчащим пням и другим подобным препятствиям. Не желателен контакт резиновых лент и с моторными маслами, топливом и другими химически активными веществами. И ещё, до сих пор не решена проблема ухудшения свойств резины с течением времени. Срок годности резиновых гусениц, как и стальных, напрямую зависит от тщательности контроля натяжения гусеницы. При слабом и излишне сильном натяжении гусеница может соскочить, а подобные «происшествия» серьёзно укорачивают ресурс её эксплуатации.

## ЛІС І РАДІОКТИВНІ ВИКИДИ

Харьковский национальный аграрный университет

им В.В. Докучаева

Ст. Ю. Малярова

Рук. проф. С.С. Авотин

Під час роботи та при аваріях ядерних реакторів утворюється близько 700 різних радіонуклідів. До складу аварійних викидів входять як нетривкі радіонукліди (період напіврозпаду до 15 діб), так і тривкі ( $T_{0,5}$  більше 15 діб), тому зі збільшенням часу, що пройшов з моменту аварії, дози опромінювання формуються в основному за рахунок тривких радіонуклідів. Найбільший вклад (більш ніж 1%) у ефективну еквівалентну дозу дають елементи: водень-3 ( $\beta$ -розпад), вуглець-14 ( $\beta$ -розпад), цезій-137 ( $\beta, \gamma$ -розпад), стронцій-90 ( $\beta$ -розпад), рутеній-103 ( $\beta$ -розпад), йод-131 ( $\beta, \gamma$ -розпад), церій-144 ( $\beta, \gamma$ -розпад). При первинному випаданні радіонуклідів з атмосфери поле радіоактивного забруднення формується під впливом метеорологічних і ландшафтних факторів. Найбільш значущими з ландшафтних факторів є: рельєф земної поверхні, тип рослинності, гідрографічна мережа.

Осідання часток аерозолів на землю зумовлюється залежно від їх розміру впливом гравітаційних сил і турбулентного перемішування повітря. Розміри частинок лежать у досить значних межах - від 0,001 до 800 мкм. Поведінка легких частинок малого розміру (до 200 мкм) біля межі поділу атмосфера – земля більшою мірою визначається турбулентною дифузією, тому швидкість їх осідання змінюється залежно від характеру підстилаючої поверхні. Зі всіх елементів підстилаючої поверхні найбільшою мірою змінюють турбулентність повітря лісові насадження. Лісові насадження зменшують вертикальні пульсації швидкості вітру і утворюють менше вихорів впливаючи на осідання аерозольних часток. Таким чином, вони відіграють важливу роль у формуванні полів радіоактивного забруднення виконуючи функцію накопичувачів радіонуклідів. Наземна рослинність – це перший екран, що затримує радіоактивні речовини. Після аварії на ЧАЕС лісові масиви накопичили приблизно на 30% більше активності, ніж навколишні

поля. Найбільша щільність радіоактивного забруднення лісових масивів довгоживучими радіонуклідами спостерігається на узліссях з навітряного боку. У початковий період після аварії, коли в довкіллі перебувала велика кількість короткоживучих радіоактивних елементів, роль лісу в перерозподілі радіонуклідів була особливо значною. Результати досліджень показують значну різницю щільності забруднення ґрунту в лісових насадженнях навіть у межах одного кварталу. Таку строкатість забруднення можна пояснити неоднорідністю лісів і їх локального впливу на швидкість переносу радіонуклідів. Затримування рослинами твердих аерозолів залежать від: фітомаси на одиницю площі, швидкості вітру, розміру аерозольних частинок, відносної вологості повітря, форми, розміру, властивостей поверхні листя та інших надземних органів рослин. Найбільшою біомасою на одиницю площі характеризуються лісові біоценози. Затримування частинок лісом глобальних випадінь складає 50 – 100%. Цей коефіцієнт зменшується до 20% у листяних насадженнях після листопаду. Хвойні дерева добре утримують радіацію. За здатністю затримувати радіоактивні викиди елементи підстилаючої поверхні утворюють такий ряд: сосновий молодняк-середньовіковий сосняк-лістяні ліси-луки і посіви-рілля. Після іонізуючого опромінювання у рослин розвивається радіаційний синдром, який на початку має спільні риси з аналогічним синдромом у тварин. Специфіка формування радіаційного синдрому у рослин полягає в тому, що всі органи рослини формуються з меристем, тому при їх опроміненні спостерігається ушкодження майже всіх органів – як вегетативних, так і генеративних. Ступінь впливу іонізуючого випромінювання на рослини визначається потужністю джерела випромінювання, тривалістю його дії на рослини. Розрізняють гострий та хронічний вплив іонізуючого випромінювання на рослину. Під час гострого опромінення найбільше ушкоджуються клітини, що перебувають у стані активного поділу. У рослин виявлено також дистанційну дію випромінювання, коли з опроміненої частини в неопромінені переносяться речовини, здатні пошкоджувати меристеми. Різні органи рослин по-різному реагують на опромінення: найчутливіші – генеративні, потім – всі органи, що на момент опромінення складаються з меристем, які активно діляться. У рослини змінюється морфологія трахей і трахеїд; у коренів посилюється розгалуження, порушується утворення кореневих волосків. Може змінитись порядок розміщення листків, філотаксис,

можуть виникнути фасціяції, пухлинні утворення. Змінюється форма листка, порядок жилкування; стимулюється утворення калюсу, що призводить до розвитку місцевих розростань (пухлин) або до появи бруньок в незвичних місцях. На місці таких розростань нерідко утворюються корінці. Іноді радіація вповільнює ріст, прискорює процеси цвітіння у рослин. Характерною реакцією на опромінення є потовщення листкових пластинок, що перебуває в прямій залежності від дози та в зворотній від сформованості листя до моменту опромінення. Зі збільшенням поглинутої дози в меристемах можуть спостерігатися клітини збільшених розмірів, як наслідок затримки їх поділу. Це призводить до передчасної їх диференціації і прискореного старіння. Повне припинення розвитку і росту листя настає при дозі іонізуючого опромінення близько 90 Гр. Значно рідше під дією іонізуючого випромінювання виникають аномалії розвитку окремих органів, зумовлені соматичними мутаціями. Летальний вплив радіації на рослинні клітини може відбуватися: через ушкодження їх генетичного апарату, що спричиняє репродуктивну загибель клітин, або за безпосереднього руйнування клітин. Щоб спричинити загибель клітин безпосередньо, необхідна доза в 3-4 рази більша, ніж для того, щоб позбавити її здатності до поділу. Іонізуюче випромінювання навіть у дуже великих дозах (1000-2000 Гр) не відразу вбиває вегетуючі рослини. Останні довго після опромінення можуть залишатись тургорними, зеленими, навіть здатними накопичувати пластичні речовини, хоча здатність клітин меристеми до поділу в їх меристемах вже повністю і безповоротно втрачена. У рослин, що одержали дозу, близьку до летальної, згодом можливе відновлення. Разом з тим низькі дози, легко витримувані під час короткочасного опромінення, стають летальними за тривалої дії. Це так званий ефект накопичувальної дії радіації на рослину. Таким чином, загибель рослини після опромінення може реалізуватись як дуже віддалений ефект.

*Література:*

1. Маргулис У. Я. Атомная энергия и радиационная безопасность. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.
2. Мокроносов М. Г., Куликов Н. В. Радиоэкологическое изучение природных экосистем в зоне атомных электростанций// Екологія. – 1988. № 3. – с. 40-45.
3. Чернобыльская катастрофа (Гл. ред. В. Г. Барьяхтар). – Киев, Наукова думка, 1996. – 575 с.

Наукове видання

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Матеріали

XVIII регіональної наукової студентської конференції

(11-12 квітня 2018 року)

Відповідальний за випуск доц. О.В. Семенов

В авторській редакції

Підп. до друку 27.03 2017 р. Формат 60х84 1/16 Папір офісний.  
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 13,13. Наклад 170 прим.  
Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ "ХП".  
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова 2

---

Друкарня НТУ "ХП", 61002, Харків, вул. Кирпичова 2